ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MAI 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Dodwell**, de l'Observatoire d'Adélaïde; **Baldwyn**, de l'Observatoire de Melbourne; **Saint-John**, de l'Observatoire du Mount Wilson, qui assistent à la séance.

M. le **Président** prononce les paroles suivantes :

L'Académie vient à nouveau d'être frappée par la perte d'un de ses membres titulaires qui lui faisait le plus d'honneur. M. **Laveran** s'est éteint en son domicile, à Paris, jeudi dernier, 18 mai, à l'âge de 77 ans.

Notre confrère appartenait à une des dernières promotions de l'École de santé militaire de Strasbourg, et fut pendant longtemps professeur au Val-de-Grâce. Son œuvre est très étendue et très variée. Elle comporte des observations professionnelles consignées dans des ouvrages comme son Traité des maladies des armées, un Traité de pathologie interne (en collaboration avec le professeur Teissier, de Lyon), un Traité des fièvres palustres, un autre d'hygiène militaire, ainsi que de nombreux Mémoires d'un grand intérêt sur des questions de clinique médicale, d'hygiène, d'anatomie pathologique et de parasitologie.

C'est en qualité de médecin militaire de l'hôpital de Bône qu'il entreprit, en 1878, ses recherches originales sur le paludisme, recherches qui devaient lui assurer une place de premier rang en parasitologie. Il les poursuivit à Constantine où il constata, dans le sang des palustres, l'hématozoaire spécifique de la maladie. Définitivement caractérisé, il fallait chercher l'origine du parasite. Le Dr Laveran soupçonna sa présence dans le mous-

tique. Ardemment combattue, son hypothèse fut confirmée par plusieurs savants, en premier lieu par Ronald Ross, par Patrick Manson, etc. Il n'existe actuellement plus aucun doute sur la cause et le mode de transmission de la malaria. M. Laveran a réuni en un Volume devenu classique et intitulé *Traité du paludisme* l'ensemble de ses travaux sur cette affection endémique.

Ces recherches, qui lui valurent le prix Bréant de l'Académie des Sciences, ne sont pas les seules auxquelles notre confrère attacha son nom.

Poursuivant ses investigations sur les hématozoaires et les sporozoaires, il en a décrit de nouvelles espèces, notamment des hématozoaires endoglobulaires des oiseaux et de la fièvre du Texas. En collaboration avec M. Mesnil, il a en outre signalé des détails nouveaux sur la structure des sarcosporidées et en a retiré la sarcocystine, première toxine extraite des sporozoaires.

Une autre série de recherches non moins digne d'attention est celle qu'il a consacrée aux trypanosomes du rat, du Nagana ou maladie de la mouche Tsetsé et de la maladie du Sommeil. Les résultats en furent consignés dans un beau Volume qui porte pour titre *Trypanosomes et trypanosomiases*, et ne le cèdent en rien, comme importance, à ceux déjà publiés par l'auteur.

Ce travail achevé, notre savant confrère aborda l'étude des maladies provoquées par des protozoaires du genre *Leishmania*, chez l'homme et les animaux, car à aucun moment de sa laborieuse carrière, son activité ne s'est ralentie. Les observations recueillies furent l'objet de la publication en pleine guerre (1917) d'un nouveau Volume intitulé *Les leishmanioses*.

Telle est, en raccourci, l'œuvre originale et féconde de notre regretté confrère. Elle lui a valu, à juste titre, en 1907, le prix Nobel pour la Médecine, mais les bienfaits que l'humanité a retirés de cette œuvre vaudront à son auteur, désormais illustre, une récompense plus élevée et plus précieuse, celle de la reconnaissance publique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Extraction et purification du scandium de la thorveitite de Madagascar.* Note de MM. **Pierre Urbain** et **G. Urbain**.

La thorveitite de Madagascar a été décrite par M. Lacroix et analysée par MM. G. Urbain et Ch. Boulanger.

Ce minéral renferme 42 pour 100 de scandine. Il se laisse attaquer aisément par la soude fondue ; ce qui, lors de la reprise par l'eau, élimine la

silice dans les liqueurs. Le résidu insoluble est lui-même traité par l'acide sulfurique, et la solution des sulfates, aussi peu acide que possible, est additionnée d'un excès d'acide fluorhydrique qui précipite, sous forme gélatineuse, le scandium et les Terres Rares, à l'état de fluorures. Le lavage des fluorures est long et difficile. Il n'est pas complètement efficace, dès qu'on opère sur des quantités notables. Les fluorures sont ensuite décomposés par l'acide sulfurique en excès, de telle sorte que, lors de la reprise par l'eau, on obtient dans des liqueurs concentrées et très acides un abondant précipité cristallin de sulfate acide de scandium.

Si les manipulations en quantités notables de liqueurs très acides ne présentaient des inconvénients difficilement surmontables, il y aurait là le principe d'une bonne purification.

On sait depuis les recherches de Nilson [1] que le scandium donne avec le sulfate de potassium un sel double très peu soluble dans une solution saturée de ce réactif. Parmi les Terres Rares il n'y a que les premiers termes de la série qui donnent des précipités semblables, et l'on sait depuis les travaux de Marignac que les sulfates des derniers termes de la série sont moins solubles encore que leurs sulfates doubles potassiques. Or d'après les observations spectrographiques de M. de Gramont, les seules Terres Rares observables dans la Thorveitite de Madagascar sont le scandium, le néoytterbium et l'yttrium. Nos propres observations portant sur des produits concentrés n'ont ajouté à cette liste que le lutécium. Les diverses recherches entreprises dans notre laboratoire ont prouvé que, dans ce minéral, le rapport de ces terres yttriques à la scandine est inférieur à $\frac{1}{100}$.

Ces diverses circonstances font du sulfate de potassium un réactif commode et peu coûteux pour la purification du scandium de la thorveitite.

Le scandium précipité par ce réactif est d'une remarquable pureté, mais la précipitation n'est pas complète. La quantité de scandium qui reste dans les eaux mères est d'ailleurs faible, et comme elle est proportionnelle au volume des liqueurs, on a avantage à opérer avec des liqueurs concentrées. Il y a intérêt d'autre part à utiliser des liqueurs aussi peu acides que possible.

Pour obtenir ce double résultat, les sulfates primitifs ont été transformés en nitrates en passant par l'intermédiaire des hydroxydes que donne l'ammoniaque. La solution des nitrates est évaporée et maintenue longtemps au bain-marie pour éliminer l'excès d'acide libre. Des solutions relativement

---

(1) Nilson, *Sv. V. A. F.*, 1880, n° 6.

concentrées de ces nitrates sont additionnées d'un excès de sulfate potassique pulvérisé, de telle sorte que le précipité baigne dans une solution saturée de ce réactif.

Ces liqueurs ont une tendance marquée à la sursaturation. Il convient de laisser durant deux ou trois jours le précipité au contact des liqueurs pour que la précipitation soit aussi complète que possible. Après filtration, les lavages doivent être effectués rapidement avec des solutions saturées de sulfate potassique. Les terres qui restent dans les eaux mères et les eaux de lavage sont précipitées par l'ammoniaque; les hydroxydes transformés en nitrates. On recommence la précipitation par le sulfate potassique en restreignant considérablement le volume des liqueurs. De la sorte on récupère la presque totalité du scandium alors que les Terres yttriques se concentrent dans les dernières eaux mères.

Il y a lieu de signaler que l'ammoniaque ne précipite jamais d'une liqueur scandifère la totalité du scandium. Des liqueurs filtrées, on peut toujours précipiter le scandium resté en solution en ajoutant du phosphate d'ammonium; la précipitation du phosphate de scandium étant quantitative en milieu ammoniacal, en l'absence de carbonate d'ammonium.

D'autre part, la facilité avec laquelle le scandium forme des scando-carbonates d'ammonium solubles est précieuse. Le carbonate d'ammonium paraît dissoudre tous les précipités que forme le scandium, y compris le phosphate, ce qui dans un grand nombre de cas est avantageux. En particulier nous avons utilisé cette propriété pour transformer les sulfates doubles potassiques de scandium en hydroxycarbonates, insolubles, denses et en conséquence faciles à laver.

Les dissolutions des composés de scandium dans des solutions de carbonate ammoniaque sont décomposées par la chaleur qui détermine dans la majorité des cas la précipitation des hydroxycarbonates. Il faut d'ailleurs éviter une ébullition trop prolongée de ces solutions, car l'hydroxyde de scandium risquerait de décomposer les sels ammoniacaux concentrés dans les liqueurs mères et de provoquer, de la sorte, soit la redissolution d'une partie du scandium déjà précipité, soit son retour aux précipités primitifs.

Les Terres yttriques scandifères qui se concentrent dans les eaux mères des précipités des sulfates doubles potassiques sont transformées par l'ammoniaque en hydroxydes. Ceux-ci sont finalement traités par un léger excès d'acétylacétone. Une trace seulement de scandium se retrouve dans les liqueurs mères, le reste des Terres se présente sous forme d'acétylacétonates cristallins. Le traitement de ces sels par le chloroforme permet la

dissolution de la totalité de l'acétylacétonate de scandium [1] et laisse un léger résidu d'acétylacétonates yttriques. Enfin, de ces divers acétylacétonates, celui de scandium étant seul volatil, la séparation est achevée par une sublimation dans le vide vers 200°. Nous avons trouvé ainsi que le rapport des Terres Rares au scandium était, dans la thorveitite de Madagascar, inférieur à $\frac{1}{100}$.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur les croix de Malte présentées par les bois soumis à des traumatismes.* Note de M. J. COSTANTIN.

Dans un Ouvrage en cours de publication, M. Faideau et moi [2] avons fait reproduire des photographies de tiges qui présentent sur leur section une croix de Malte d'un brun noirâtre, simulacre étrange se retrouvant dans toutes les coupes de la partie ligneuse. La superstition pourrait songer à exploiter ce phénomène et donner à ces bouts de bois un caractère de fétiche. Il paraît donc utile de donner une explication de ces formations singulières et des conditions dans lesquelles on les produit à coup sûr expérimentalement.

C'est avec les bois de Châtaigniers que la croix de Malte apparaît le plus nettement. On va voir qu'avec d'autres essences comme Sycomore (*Acer Pseudo-Platanus*), Érable plane (*Acer platanoides*), Bourdaine, Cornouiller, Staphylier ou Faux-Pistachier (*Staphylea pinnata*), Chêne, Frêne, Sorbier le même phénomène est seulement ébauché. C'est en vue d'obtenir des cannes, des manches de parapluies ou d'ombrelles, des manches de porte-plume (avec les fines tiges de Cornouiller) que les tiges de ces végétaux sont soumises à un traitement agricole et industriel dont le déterminisme expérimental est rigoureusement précisé. Grace à un outillage mécanique très ingénieux, on arrive à produire, avec une grande promptitude et une parfaite régularité, sur les branches d'arbres recépés un très grand nombre de cicatrices superficielles de l'écorce.

Ces plantes présentent donc des plaies semblables à des intervalles rigoureusement égaux (par exemple 5^{mm}) le long de quatre génératrices. L'ensemble des cicatrices constitue sur la tige, après décortication, une ornementation offrant un intérêt au point de vue de la vente. A chaque

---

[1] R.-J. MEYER et H. WINTER, *Z. für anorg. Chem.*, t. 67, p. 415.

[2] *Hist. nat. illustrée*, I, p. 23.

outil, correspond un résultat artistique distinct et les modèles ainsi obtenus portent commercialement des noms différents.

Le traitement mécanique des tiges à l'aide de ces instruments est fait par les ouvriers habiles qui s'en servent avec une très grande promptitude; avec quelque pratique du métier, le praticien arrive à traiter, en très peu de temps, un nombre considérable de plantes, de sorte que le nombre des cannes préparées dans une exploitation peut s'élever à des centaines de mille. Le perfectionnement de l'outillage est d'autant plus nécessaire que la période pendant laquelle s'effectue le traitement est de très courte durée. C'est avant le départ de la sève qu'il doit avoir lieu [en général de la deuxième quinzaine de mars à la deuxième quinzaine d'avril (1)]. Après cette courte période, si l'on veut faire subir aux plantes le même traitement, la sève s'épanche dans les plaies, les tiges s'étiolent et se dessèchent sur place (2).

Si l'on suit les effets des traumatismes pendant la fin de l'année où l'opération a été effectuée (c'est en général quand les pousses ont 3 et 4 ans qu'elles sont traitées), on voit les plaies s'accuser sur l'écorce. Étudie-t-on une ligne de cicatrices, on remarque que l'assise génératrice libéroligneuse est lésée suivant un arc plus ou moins étendu, en face chaque blessure, d'après la nature de l'outil et d'après la souplesse plus ou moins grande de l'ouvrier.

On constate aisément, en examinant la surface des cannes, que les actions ont été plus ou moins intenses, les cicatrices plus ou moins étendues en longueur et en profondeur. Si la pression a été assez forte, il en résulte un décollement de l'assise génératrice de l'anneau ligneux sous-jacent suivant un arc correspondant. Il en découle cette conséquence que le bois de l'année précédente se trouve séparé du bois nouveau qui, malgré sa séparation, va continuer à se produire en dehors de la fente. Cette séparation entraîne pour les parties profondes une altération des membranes lignifiées, elles brunissent et ce changement de couleur (3) s'étend, en section trans-

(1) Il y a des variantes, suivant l'état de la végétation. En particulier, le tatouage des tiges a été terminé, en 1921, le 20 avril; en 1922, le travail a continué jusqu'au 5 mai.

(2) La description de la technique a d'ailleurs déjà été donnée dans le *Larousse mensuel*, II, p. 547 (1911-1913) : Faideau, *Sylviculture pour cannes et manches d'ombrelles*.

(3) Parfois aussi, les cellules ligneuses sont remplies d'une substance jaune brunâtre, comme la gomme dans les blessures des plantes.

versale, dans tout le secteur limité extérieurement par l'arc de décollement; le brunissement gagnant jusqu'au centre de la tige, il en résulte qu'on voit apparaître, en coupe, quatre secteurs bruns superposés aux quatre génératrices de blessures et c'est ainsi que se trouvent constituées les croix de Malte mentionnées plus haut.

Il peut arriver que les blessures soient inégalement profondes, alors, au lieu d'une croix à quatre branches, on pourra voir apparaître une figure à une, deux, trois branches; et l'on se rendra compte, par l'examen de la fente de décollement, que l'action suivant les secteurs non colorés a été très faible, quelquefois nulle. Si le nombre des blessures a été multiplié le long de huit génératrices au lieu de quatre, par des instruments différents, plus compliqués, on pourra avoir une croix à huit branches au lieu de quatre.

On remarque parfois, même avec le Châtaignier qui donne d'ordinaire et régulièrement les croix les plus nettes, que le phénomène ne se produit pas ou du moins reste à l'état d'ébauche. Il y a bien eu quatre arcs de décollement, mais le brunissement ne s'est pas étendu en profondeur, il est resté superficiel. Cela peut dépendre des conditions climatériques de l'année. Ainsi la sécheresse excessive de 1921 a nui à la formation des croix de Malte qui ont été avortées.

C'est d'ailleurs à ce dernier stade que s'arrête normalement l'évolution du phénomène dans le *Staphylea*, la Bourdaine, l'Érable plane, l'Érable Sycomore, le Cornouiller. Une particularité mérite d'être signalée dans la Bourdaine, l'ébranlement du système ligneux qui a amené le décollement de la dernière assise génératrice se transmet au bois profond qui a une tendance à se fendre circulairement un peu irrégulièrement, quand on le coupe, suivant les lignes de séparation des couches annuelles (ce sera par exemple, l'assise limitant le bois de première année qui se décollera de la suivante, les autres de deuxième et troisième années restant adhérentes).

Le bois nouvellement formé par l'assise génératrice, après qu'elle a été blessée, a des caractères très particuliers. D'abord sur la face interne, à l'endroit décollé, il brunit d'une façon intense comme dans les tissus cicatriciels et ce changement de teinte s'étend plus ou moins loin vers l'extérieur et tangentiellement. Après le tissu brun, on voit apparaître un tissu irrégulier, qui n'est plus disposé en files radiales. Les cellules sont plus grandes que celles qui se produisent normalement sur les arcs non blessés; mais ce qui distingue surtout la partie extérieure à l'arc de décollement, c'est qu'on n'y observe pas de vaisseaux. Il y a des variantes suivant les espèces, mais la disparition des vaisseaux est constante, surtout au milieu de l'arc et

suivant le rayon qui correspond à ce point, c'est-à-dire là où la pression a été la plus forte. A partir de cette ligne médiane, on peut voir, à droite et à gauche, les vaisseaux reparaître progressivement, mais parfois ils manquent complètement dans tout le secteur externe.

Dans le *Staphylea*, l'épaisseur de la couche ligneuse de nouvelle formation est beaucoup plus grande suivant les quatre arcs blessés que suivant les quatre autres intacts. Dans le système extraligneux, les paquets fibreux sont plus épais, plus gros qu'ailleurs (dans les régions non blessées).

Dans la Bourdaine, la blessure est si profonde que le bois nouveau ne se reforme pas au milieu des arcs décollés, il y a alors deux bourrelets latéraux de système ligneux irrégulier à la partie interne, rayonnant d'abord obliquement avec des rayons qui se redressent, peu à peu, vers les bords de la fente pour reprendre la direction normale ([1]).

Dans le cas du Sycomore, les files de cellules de parenchyme ligneux d'abord irrégulières, puis en série arquées, à la fin de la saison, reprennent la croissance rayonnante normale et les vaisseaux à large calibre peuvent reparaître. L'action du traumatisme ne se fait plus sentir alors dans les parties périphériques.

Dans les manipulations variées auxquelles la canne est soumise, redressement pour la rendre rectiligne, recourbement du sommet pour faire la crosse, etc., il peut arriver que le cylindre constitué par le bois de dernière année se décolle du bois sous-jacent (ce phénomène se conçoit aisément par tout ce qui précède). Dans ce cas, on voit très bien, par exemple dans un Érable, des boutonnières obliques très brunes à la surface du cylindre formé par le bois antépénultième, entourées d'une ellipse brun clair à des distances de 1^{cm} sur une génératrice, alternant d'ailleurs d'une génératrice à l'autre ([2]).

([1]) Parfois, dans d'autres espèces, la boutonnière de décollement, étendue tangentiellement, s'augmente d'une amorce de fente radiale vers l'extérieur, dans la zone de plus forte pression.

([2]) J'adresse, en terminant, tous mes remercîments à M. Camus, sylviculteur, pour tous les documents et renseignements qu'il a bien voulu me fournir, concernant la curieuse industrie dont il est le créateur.

MÉCANIQUE. — *Sur trois classes de mouvements vibratoires non entretenus.* Note (¹) de M. **Jules Andrade**.

I. Un problème chronométrique exposé dans une précédente Note de Chronométrie (²) nous a conduit au mouvement vibratoire à deux frottements, défini par l'équation suivante :

$$(1)\quad \frac{1}{\omega^2}\frac{d^2u}{dt^2} = -u - \eta\varepsilon\lambda u - \varepsilon\mu \qquad \left(\eta = \operatorname{sgn} u,\ \varepsilon = \operatorname{sgn}\frac{du}{dt};\ \lambda = \frac{1}{2800},\ \mu = \frac{1}{900}\right).$$

II. Dans chacun des cas particuliers extrêmes où l'une des quantités λ ou μ s'annule il y a, jusqu'à extinction complète du mouvement, isochronisme absolu à partir de l'amplitude de départ; dans le cas de $\lambda = 0$ les amplitudes décroissent en progression arithmétique; dans le cas de $\mu = 0$, elles décroissent en progression géométrique.

III. Lorsque aucun des coefficients λ et μ ne s'annule, le mouvement, beaucoup plus complexe, perd toutes ces propriétés remarquables.

Posons

$$(2)\quad \Delta_1 = \frac{\mu}{1-\lambda}, \qquad \Delta_2 = \frac{\mu}{1+\lambda} \qquad \left(\xi = \Delta_1 + \Delta_2 = \frac{2\mu}{1-\lambda^2},\ \eta = \Delta_1 - \Delta_2 = \frac{2\lambda\mu}{1-\lambda^2}\right),$$

nous obtenons pour la loi de réduction des demi-amplitudes $u_0, u_1, \ldots, u_n$ successives la formule

$$(3)\quad \frac{u_1^2 + u_1\xi - u_1\eta}{u_0^2 - u_0\xi - u_0\eta} = \frac{1-\lambda}{1+\lambda}.$$

Si l'on veut observer n oscillations successives $n \leqq 30^\circ$, en partant, par exemple, d'une semi-amplitude initiale $u_0 = \pi$, on pourra, à une approximation relative de l'ordre de $\frac{\lambda\mu^2}{u_n^2}$, c'est-à-dire de l'ordre de $\frac{1}{6,3}10^{-5}$, adopter la formule plus simple

$$(4)\quad \frac{u_1^2 + u_1\xi}{u_0^2 - u_0\xi} = \frac{1-\lambda}{1+\lambda},$$

mais celle-ci est encore d'un emploi difficile et la méthode ne convient pas aux mesures de précision élevée portant sur λ et μ à la fois.

IV. En revanche, parmi les vibrations à deux résistances passives, j'étu-

---

(¹) Séance du 15 mai 1922.

(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1144.

dierai prochainement les vibrations

$$(5)\qquad \frac{1}{\omega^2}\frac{d^2u}{dt^2} = -u - \eta\varepsilon\lambda u - q\frac{du}{dt}$$

(q coefficient positif, η et ε gardant leurs significations), les moyens de les réaliser, et leurs conséquences pour la métrologie des résistances passives, des fins roulements et des viscosités.

M. A. de Gramont présente en hommage à l'Académie un Mémoire dont il est l'auteur, en collaboration avec M. G.-A. Hemsalech, et intitulé : *Observations and experiments on the occurrence of spark lines (enhanced lines) in the arc*. Part II : *Magnesium, zinc and cadmium*, paru dans le *Philosophical Magazine*, vol. 43, May 1922.

Ce Mémoire est le développement, avec cinq planches de spectres et de nombreux Tableaux, de deux Notes des mêmes auteurs parues dans les *Comptes rendus* du 26 septembre 1921 et du 6 février 1922.

M. d'Ocagne fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Vue d'ensemble sur les machines à calculer*, extraite du *Bulletin des Sciences mathématiques* (mars 1922). C'est un résumé de ce qu'on pourrait appeler l' « anatomie comparée » des machines à calculer. Ce genre d'étude, inauguré par l'auteur dans ses conférences de 1893 au Conservatoire des Arts et Métiers, l'a amené à considérer comme organes essentiels des *machines arithmétiques :* le *chiffreur* qui fait apparaître, dans les lucarnes où s'inscrivent données et résultats, les chiffres voulus; l'*actionneur* qui permet d'imprimer au chiffreur la rotation qu'exige l'opération effectuée; le *reporteur* qui, lorsque, sur un chiffreur, l'intervalle de 9 à 0 franchit la lucarne, détermine une avancée d'une unité pour le chiffreur suivant; l'*effaceur* qui permet la remise à zéro en bloc de tous les chiffreurs; enfin, dans certaines machines seulement, l'*entraîneur* permettant la commande simultanée de tous les actionneurs, chacun pour le mouvement limité qu'il doit accomplir.

Les machines arithmétiques peuvent se diviser en deux grandes familles suivant qu'elles n'ont pas d'entraîneur ou qu'elles en ont un, et, dans chacune de ces familles, on peut les répartir en genres d'après la nature de leur actionneur, chacun de ces genres comportant lui-même de multiples variétés.

On peut remarquer que, dans cette brochure (p. 45), se trouve déjà signalée la machine de M. A. Seguin qui vient d'être récemment décrite par son inventeur dans une Note insérée aux *Comptes rendus* (t. 174, 1922, p. 1154). Cette machine est fondée sur une idée nouvelle, celle d'effectuer mécaniquement la multiplication par le procédé de Fourier, qui revient à appliquer la règle de la multiplication des polynomes lorsque les chiffres d'un nombre sont regardés comme les coefficients d'un polynome ordonné suivant les puissances de 10.

Une des principales curiosités du sujet, au point de vue scientifique, est constituée par *l'arithmomètre électromécanique* de Torres Quevedo, capable d'effectuer automatiquement une opération arithmétique *quelconque* sur la seule commande d'une machine à écrire ordinaire, au moyen de laquelle on inscrit, en se servant des signes ordinaires de l'algèbre, l'opération à effectuer.

C'est encore à cet illustre Correspondant de l'Académie que l'on doit les *machines algébriques* dans lesquelles les nombres ne s'inscrivent plus sur des compteurs mais correspondent aux points de certaines échelles graduées (affectant, en général, la forme de ce que M. Torres a appelé un *arithmophore logarithmique*), reliées mécaniquement au moyen d'organes nouveaux, également imaginés par M. Torres, sous le nom de *fusées sans fin*. De telles machines permettent d'obtenir non seulement les racines réelles d'équations algébriques de degré quelconque, mais encore leurs racines imaginaires (par leurs modules et leurs arguments). Elles jouent, dans l'ordre du calcul mécanique, le même rôle que les nomogrammes dans celui du calcul graphique.

CORRESPONDANCE.

M. **Élie Cartan** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géométrie, par le décès de M. *Camille Jordan*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Camille Flammarion : *La mort et son mystère*. Tome I : *Avant la mort;* Tome II : *Autour de la mort;* Tome III : *Après la mort*.

2° Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par Albert I[er], prince souverain de Monaco. Fascicule LX : *Hydroïdes ; Plumaridæ*, par MAURICE BEDOT. Fascicule LXI : *Tomoptérides*, par A. MALAQUIN et F. CARIN.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions croissantes positives.* Note de M. **SPYRIDION SARANTOPOULOS**, présentée par M. Hadamard.

1. M. Borel, dans son célèbre Mémoire (¹), a démontré sur une fonction croissante la formule suivante :

$$M\left[x + \frac{1}{\log M(x)^{\varepsilon}}\right] < [M(x)]^{1+a},$$

où a est positif et aussi petit que l'on veut et ε également positif. Cette inégalité est vérifiée à partir d'une valeur de x, sauf peut-être dans quelques intervalles exceptionnels d'étendue finie. M. Borel a considéré le nombre ε comme constant. Je me propose, à ce point de vue, de faire connaître ici une extension de son résultat.

J'ai établi le théorème suivant :

2. THÉORÈME I. — *Étant donnée une fonction* $\varphi(x)$ *décroissante, telle que l'on ait* $\lim[x\varphi(x)] = \infty$, *et une fonction croissante quelconque* $M(x)$, *l'inégalité*

$$M\left\{x + \frac{1}{[\log M(x)]^{\varphi(x)}}\right\} < [M(x)]^{1+a} \tag{1}$$

se vérifie toujours, sauf peut-être dans quelques intervalles exceptionnels d'étendue totale finie, a étant un nombre constant mais aussi petit que l'on veut.

Supposons que pour les valeurs suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} x_1 &= x_0 + \frac{1}{[\log M(x_0)]^{\varphi(x_0)}}, \\ x_2 &= x_1 + \frac{1}{[\log M(x_1)]^{\varphi(x_1)}}, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ x_\nu &= x_{\nu-1} + \frac{1}{[\log M(x_{\nu-1})]^{\varphi(x_{\nu-1})}}, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

(¹) *Acta mathematica*, 1897.

l'inégalité (1) ne soit pas vraie. Les égalités (2) donnent

$$(3) \qquad x_\nu = x_0 + \frac{1}{[\log M(x_0)]^{\varphi(x_0)}} + \ldots + \frac{1}{[\log M(x_0)]^{\varphi(x_{\nu-1})}}.$$

Supposons maintenant que le nombre des valeurs (2) qui ne satisfont pas à l'inégalité (1) soit infini et considérons la série $\sum \frac{1}{[\log M(x_\nu)]^{\varphi(x_\nu)}}$. Son rapport λ_ν est

$$\lambda_\nu = \frac{[\log M(x_{\nu-1})]^{\varphi(x_{\nu-1})}}{[\log M(x_\nu)]^{\varphi(x_\nu)}} < \left[\frac{\log M(x_{\nu-1})}{\log M(x_\nu)}\right]^{\varphi(x_{\nu-1})}.$$

Mais à cause de l'hypothèse faite, on a

$$\frac{\log M(x_{\nu-1})}{\log M(x_\nu)} < \frac{1}{1+a};$$

on aboutit donc à la relation

$$\lambda_\nu = \frac{1}{\theta(1+a)^{\varphi(x_{\nu-1})}},$$

où θ reste plus grand que l'unité et a pour limite, peut-être, l'unité. Soit $\lim\theta = 1$; on a [1]

$$\lim\lambda_\nu = \lim\frac{1}{\theta}\lim\frac{1}{(1+a)^{\varphi(x_{\nu-1})}} = 1.$$

Nous écrirons

$$\lambda_\nu = \frac{1}{\theta(1+a)^{\varphi(x_{\nu-1})}} = \frac{1}{1+a_\nu},$$

c'est-à-dire $a_\nu = \theta(1+a)^{\varphi(x_{\nu-1})} - 1$ et nous appliquons la règle de Raabe et Duhamel bien connue; on a $a_\nu > 0$ et $\lim a_\nu = 0$.

La formule de Newton donne

$$a_\nu = \theta\left\{1 + \varphi(x_{\nu-1})a - \frac{1}{1.2}\varphi(x_{\nu-1})[1-\varphi(x_{\nu-1})]a^2 + \ldots\right\} - 1 \qquad (\text{on a ici } a < 1)$$

ou

$$a_\nu = \theta\varphi(x_{\nu-1})a\left[1 - \frac{1-\varphi(x_{\nu-1})}{1.2}a\right] + k\theta + \theta - 1,$$

où k est positif et $\lim k = 0$. On a donc

$$\nu a_\nu > \nu\varphi(x_{\nu-1})a\left(1 - \frac{a}{1.2}\right).$$

---

(1) Si l'on a $\lim\theta > 1$, la série sera sûrement convergente. Si $\varphi(x_{\nu-1})$ est constante visiblement on retombe au théorème de M. Borel; on aura $\lim\lambda_\nu < 1$.

La relation (3) donne $x_\nu - x_0 < \nu$, car chaque terme est plus petit que l'unité; il en résulte *a fortiori*

$$\nu\alpha_\nu > (x_\nu - x_0)\,\varphi(x_{\nu-1})\,a\left(1 - \frac{a}{1.2}\right),$$

ou encore, puisque $\varphi(x_{\nu-1}) > \varphi(x_\nu)$,

$$\nu a_\nu > \nu\,\varphi(x_\nu)\,a\left(1 - \frac{a}{1.2}\right) - x_0\varphi(x_\nu)\,a\left(1 - \frac{a}{1.2}\right).$$

Maintenant, pour que nous ayons $\nu a_\nu > 1$ pour toute valeur de a constante mais aussi petite qu'on veut, il suffit que l'on ait $\lim[x\varphi(x_\nu)] = \infty$, c'est-à-dire

$$\lim[x\varphi(x)] = \infty.$$

Alors la série $\sum \frac{1}{[\log M(x_\nu)]^{\varphi(x_\nu)}}$ est convergente; la valeur x_ν tend donc vers une limite finie. Mais ceci est en contradiction avec le fait que x_ν tend vers l'infini en même temps que ν, comme il résulte des relations

$$M(x_i) > [M(x_{i-1})]^{1+a}$$

qui donnent

$$\log M(x_\nu) > (1 + a)^\nu \log M(x_0).$$

On démontre facilement, maintenant, que l'étendue totale de ces intervalles exceptionnels est finie et égale au nombre représenté par la série convergente $\sum(x_\nu - x_0) = \sum \frac{1}{[\log M(x)]^{\varphi(x)}}$; elle ne dépasse donc pas le nombre donné par la série $\frac{1}{\log M(x_0)} \sum \frac{1}{(1+a)^{\nu\varphi(x_\nu)}}$.

3. L'extension que je donne au théorème de M. Borel est remarquable parce qu'elle nous donne le droit d'ajouter à la variable x des quantités plus grandes qui tendent vers zéro moins vite que la quantité $\frac{1}{[\log M(x)]^\varepsilon}$. On s'en persuade facilement si l'on prend $\varphi(x) = hx^{-\vartheta}$ où h et ϑ sont constantes et $0 < \vartheta < 1$. On peut encore lui donner les formes suivantes :

II. *Étant donnée la fonction croissante* $M(r)$ *et une autre* $\varphi(x)$ *décroissante (ou constante) et telle que* $\lim[\varphi(x)lx] = \infty$, *l'inégalité*

$$M\left[x\,e^{\frac{1}{[\log M(x)]^{\varphi(x)}}}\right] < [M(x)]^{1+a}$$

se vérifie, sauf peut-être dans quelques intervalles exceptionnels d'étendue totale finie; a est un nombre positif et aussi petit que l'on veut.

III. *Toute fonction croissante de la forme*

$$M(x) = e^{e^{\frac{x}{k(x)}\log m(x)}}$$

où $k(x)$ croît moins vite que x et $m(x)$ est une fonction croissante mais quelconque, vérifie l'inégalité

$$M\left[x + \frac{1}{m(x)}\right] < [M(x)]^{1+a},$$

sauf dans quelques intervalles exceptionnels d'étendue totale finie; a est un nombre positif aussi petit qu'on veut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques théorèmes de M. Borel.* Note de M. **Th. Varopoulos**, présentée par M. Émile Borel.

En utilisant systématiquement le théorème suivant :

Étant donné un nombre θ positif et supérieur à l'unité quelconque, s'il existe des valeurs de r ne satisfaisant pas à l'inégalité

$$\mu\left[r + \frac{1}{\log\mu(r)\log_2\mu(r)\ldots\log_\nu\mu(r)^a}\right] < \theta\mu(r),$$

$a > 1$ quelconque, et ν un nombre entier aussi grand que l'on veut mais fixe, ces valeurs exceptionnelles remplissent des intervalles d'étendue totale finie, qui n'est pas autre chose que le théorème classique de M. Borel, sur les fonctions croissantes, perfectionné, j'ai obtenu de nouveaux résultats qui précisent certaines propriétés des fonctions entières.

Le but de cette Note est de communiquer ces résultats, qui sont les suivants :

I. *Si les coefficients d'une fonction entière*

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots$$

satisfont à l'inégalité

$$|a_n| < \frac{\mu(r)}{r^n}$$

à partir d'une valeur de $|z| = r$ où $\mu(r)$ est une fonction quelconque croissante, nous avons l'inégalité

$$M(r) < \theta r\mu(r)\log\mu(r)\log_2\mu(r)\ldots\log_\nu\mu(r)^{1+\varepsilon},$$

où

$$M(r) = |a_0| + |a_1|r + \ldots + |a_n|r^n + \ldots,$$

$\varepsilon > 0$ quelconque et θ un nombre supérieur à l'unité quelconque.

II. *Si $q(r)$ est une fonction croissant plus vite que toute puissance de r (finie*

pour toute valeur assez grande de r, nous avons l'inégalité

$$M(r) < \theta r \mu(r) q(r) \log q(r) \log_2 q(r) \ldots \log_\nu q(r)^{1+\varepsilon}$$

partout, sauf peut-être quelques intervalles exceptionnels d'étendue totale finie.

Nous en concluons les inégalités

$$M(r) < \theta r A(r) \log A(r) \log_2 A(r) \ldots \log_\nu A(r)^{1+\varepsilon},$$
$$M(r) < \theta r B(r) \log B(r) \log_2 B(r) \ldots \log_\nu B(r)^{1+\varepsilon},$$

où $A(r)$, $-B(r)$ désignent le maximum et le minimum de la partie réelle de la fonction $f(z)$.

III. *Soit une fonction entière*

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots,$$

si nous avons

$$|a_n| r^n < \mu(r),$$

le module maximum $m_1(r)$ de la dérivée $f'(z)$ satisfait à l'inégalité

$$m_1(r) < \theta r \mu(r) q(r) \log q(r)^a,$$

où $a > 2$ quelconque et $q(r)$ la fonction ci-dessus mentionnée.

IV. *Si pour $|z| = r$ nous avons l'inégalité*

$$|f(z)| \leqq e^{\mu(r)},$$

le nombre n des zéros dont le module est inférieur ou égal à r vérifie l'inégalité

$$n < \theta r^2 \mu(r) P(r) \log P(r)^a,$$

$a > 2$ quelconque et $P(r)$ désigne une fonction croissante arbitraire assujettie à la condition de croître plus vite que $\log r$. *S'il existe des intervalles exceptionnels, leur longueur est négligeable.*

V. *Si la fonction décroissante $\sigma(r)$ décroît moins vite que*

$$\frac{\log_3 \mu(r) + \log_4 \mu(r) + \ldots + (1+\varepsilon) \log_\nu \mu(r)}{\log_2 \mu(r)},$$

$\mu(r)$ étant une fonction croissante quelconque, l'inégalité

$$\mu\left[r + \frac{1}{\log \mu(r)^{\sigma(r)}}\right] < \mu(r)^\theta \qquad (\theta > 1 \textit{ quelconque})$$

est vérifiée partout sauf peut-être quelques intervalles exceptionnels d'étendue totale finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations qui existent entre l'ordre de croissance d'une fonction monogène et la densité de ses zéros.* Note de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(x)$ une fonction monogène de la variable complexe $x = re^{i\varphi}$, régulière en tout point fini de l'angle

$$(1) \qquad -\frac{\pi}{2k} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2k},$$

et qui y jouit des propriétés suivantes :

1° Sur les côtés de cet angle on a les inégalités

$$\log\left|f\left(re^{-i\frac{\pi}{2k}}\right)\right| \leq \alpha_1(r), \qquad \log\left|f\left(re^{i\frac{\pi}{2k}}\right)\right| \leq \alpha_2(r),$$

$\alpha_1(r)$ et $\alpha_2(r)$ désignant des fonctions continues et positives d'ordre au plus égal à r^k, de sorte que, pour tout $\varepsilon > 0$, on a

$$\alpha_\nu(r) < r^{k+\varepsilon} \qquad (\nu = 1, 2)$$

à partir d'une certaine valeur de r.

2° A l'intérieur de l'angle (1), on a

$$\log|f(re^{i\varphi})| \leq m(r),$$

l'ordre de croissance de $m(r)$ n'étant pas supérieur à r^k.

3° La fonction $f(x)$ s'annule en une infinité de points de l'angle (1)

$$x_n = r_n e^{i\varphi_n} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

tendant vers l'infini et tels que

$$\limsup_{n=\infty} |\varphi_n| = \varphi_0 < \frac{\pi}{2k}.$$

Soit encore $\beta(n)$ une fonction positive croissante telle que $r_n \leq \beta(n)$ à partir d'une valeur finie de r.

Dans ces conditions on aura, pour tout point $x = r$ de l'axe réel positif, l'inégalité

$$(A) \quad \log|f(r)| \leq \frac{x^k}{\pi}\left\{k\int_{\rho_0}^{\rho} \frac{\alpha_1(u) + \alpha_2(u)}{u^{k+1}}du - 2\lambda_0\pi\int_{\rho_0}^{\rho^k} \frac{du}{[\beta(u)]^k} + \frac{4m(\rho)}{\rho^k}\right\} + C,$$

où ρ peut avoir une valeur quelconque $> r$ et où ρ_0 désigne une constante posi-

tive ($<\rho$), C *une quantité qui ne dépend pas de* ρ *et enfin* λ_0 *la quantité*

$$\lambda_0 = \liminf \cos k\varphi_n \quad \text{pour } n > \rho_0,$$

laquelle tend vers $\cos k\varphi_0$ *lorsque* ρ_0 *augmente indéfiniment.*

A l'aide de ce théorème assez général, que nous avons tiré de l'intégrale de Poisson, on peut établir facilement, en y choisissant convenablement les fonctions $\alpha_1(r)$, $\alpha_2(r)$, $m(r)$, $\beta(n)$, un grand nombre de propositions intéressantes, soit nouvelles, soit précisant des propositions déjà connues, comme nous le ferons voir dans un Mémoire qui paraîtra bientôt. Ici, nous nous contenterons d'indiquer certaines conséquences immédiates de l'inégalité (A).

On aura à distinguer deux cas, suivant que l'intégrale

$$\int^{\infty} \frac{\alpha_1(u) + \alpha_2(u)}{u^{k+1}} du \tag{2}$$

converge ou non. Dans le premier cas on aura ce théorème :

Soit $f(x)$ *une fonction monogène jouissant dans l'angle* (1) *des propriétés énumérées plus haut. Si l'intégrale* (2) *converge et si, en outre,*

$$\lim_{r=\infty} \frac{m(r)}{r^k} = 0,$$

la série

$$\sum_1^{\infty} \frac{1}{r^n}$$

sera convergente.

Si, en particulier, $f(x)$ est une fonction entière, on retrouve une proposition donnée récemment par M. Valiron.

Dans le cas où l'intégrale (2) diverge, on est conduit à ce théorème :

Les hypothèses générales restant les mêmes qu'au début, admettons en particulier qu'on ait

$$m(r) = \varepsilon(r) r^k \int_{r_0}^{r} \frac{\alpha_1(u) + \alpha_2(u)}{u^{k+1}} du,$$

et d'autre part

$$[\beta(n)]^k = \sigma \frac{n^2}{\alpha_1\left(n^{\frac{1}{k}}\right) + \alpha_2\left(n^{\frac{1}{k}}\right)} [1 + \varepsilon(n)],$$

σ *désignant une constante positive et* $\varepsilon(r)$, $\varepsilon(n)$ *des expressions tendant respectivement vers zéro avec* $\frac{1}{r}$ *et* $\frac{1}{n}$.

Dans ces conditions, on aura nécessairement

$$\sigma \leqq 2\pi \cos k\varphi_0,$$

à moins que la fonction $f(x)$ ne s'évanouisse identiquement.

En faisant, en particulier, $\alpha_1(r) = \alpha_2(r) = r^k$, on trouve le résultat suivant, qui généralise en différentes directions le théorème connu de M. Fritz Carlsson :

Soit $f(x)$ une fonction monogène, régulière dans l'angle (1) *et qui y jouit des propriétés suivantes :*

1° $$\left|f\left(re^{\pm i\frac{\pi}{2k}}\right)\right| < \text{const.}\, e^{r^k};$$

2° $$|f(re^{i\varphi})| < e^{\varepsilon(r) r^k \log r};$$

3° *$f(x)$ s'annule aux points*

$$x_n = r_n e^{i\varphi_n} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

dont les modules et arguments vérifient respectivement les conditions

$$r_n^k < \sigma n[1 + \varepsilon(n)], \qquad \limsup_{n=\infty} |\varphi_n| = \varphi_0 < \frac{\pi}{2k}.$$

Cela étant, si la valeur de la constante σ est inférieure à $\pi \cos k\varphi_0$, la fonction $f(x)$ s'annule identiquement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la forme optimum à donner aux hélices propulsives.* Note de M. **Eugène Pagezy**, présentée par M. Rateau.

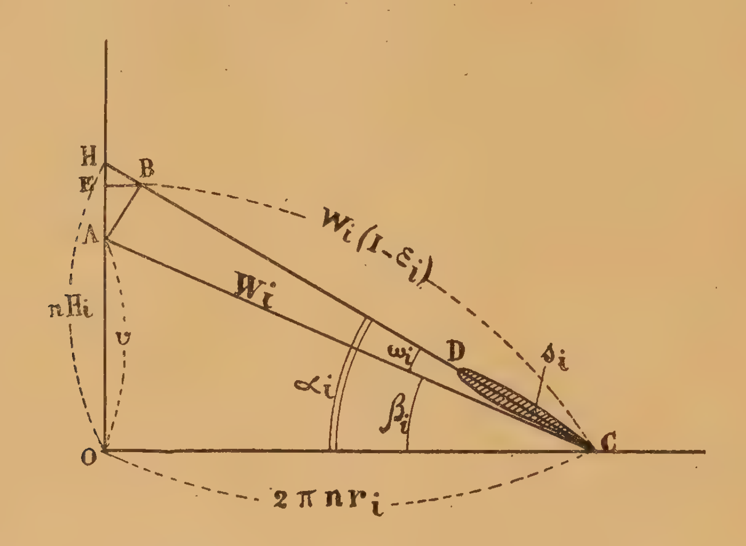
Nous adopterons les définitions et notations que les profonds travaux de M. Rateau ont rendues classiques et dont on trouvera le détail dans son Ouvrage intitulé : *Théorie des hélices propulsives marines et aériennes et des avions en vol rectiligne* (Gauthier-Villars, 1920).

Les théories actuelles semblent montrer que le *pas analytique* de l'hélice optimum varie avec la distance à l'axe et augmente légèrement quand on se rapproche du bout des ailes.

La présente Note a pour objet d'établir qu'il n'en est pas ainsi et que *la véritable hélice optimum est celle dont le pas analytique reste rigoureusement constant.*

Considérons un élément d'hélice CD, de surface s_i, compris entre les cylindres de rayon r_i et r_{i+1}.

L'air attaque l'élément CD avec une vitesse *relative* W_i qui est la résultante de la vitesse propre de l'avion v et de la vitesse de rotation de l'élément CD, $2\pi n r_i$ (n nombre de tours par seconde).



Sa vitesse relative de sortie est représentée par le vecteur

$$CB = W_i(1 - \varepsilon_i).$$

En enroulant le vecteur CB sur le cylindre de rayon r_i, on obtient un élément d'hélice dont le pas, $H_i = \frac{OH}{n}$, n'est autre que le *pas analytique*.

M. Rateau a montré que cet élément d'hélice pouvait être considéré comme invariablement lié à l'élément s_i. Il attaque l'air sous un angle

$$\omega_i = \widehat{HCA}$$

que M. Rateau appelle *angle de déviation*.

BA, différence géométrique des vecteurs CA et CB, représente la vitesse absolue que l'élément s_i imprime à l'air. Si dM est la masse d'air influencée par seconde, la réaction exercée par l'air sur l'élément s_i a pour valeur

$$dM \times AB.$$

M. Rateau a montré que dM peut s'exprimer par la formule

$$dM = K s_i W_i (1 - \varepsilon_i).$$

La réaction $dM \times AB$ a pour composante utile

$$f_i = dM \times AE = K s_i W_i (1 - \varepsilon_i) \times AE.$$

Le travail élémentaire dépensé est

$$t_i = 2\pi n r_i \times dM \times EB = 2\pi n r_i K s_i W_i (1 - \varepsilon_i) \times EB.$$

La perte élémentaire de travail est

$$p_i = t_i - v f_i.$$

Ces prémisses posées, donnons-nous :

les éléments de surface s_i,
les vitesses v_i,
le nombre de tours n,

d'où résulte qu'à chaque rayon r_i correspond un angle β_i bien déterminé.

Proposons-nous d'obtenir un certain effort total Σf_i et demandons-nous quelle est la meilleure façon d'incliner les divers éléments s_i, c'est-à-dire quelle est la meilleure série d'angles ω_i donnant naissance à cet effort total Σf_i.

Cette série optimum est celle qui rend minimum la perte de travail totale Σp_i.

On devra donc avoir :

$$\sum p'_i \, d\omega_i = 0, \qquad \left(p'_i = \frac{dp_i}{d\omega_i}\right),$$

pour tous les systèmes de $d\omega_i$ satisfaisant à la relation

$$\sum f'_i \, d\omega_i = 0, \qquad \left(f'_i = \frac{df_i}{d\omega_i} - \sum f'_i \, d\omega_i \text{ différentielle totale de } \sum f_i\right),$$

d'où

$$\frac{p'_i}{f'_i} = \text{const.},$$

ou, en remarquant que $p'_i = t'_i - v f'_i$,

$$\frac{t'_i}{v f'_i} = \text{const.}$$

Le diagramme nous montre d'ailleurs que

$$EB = W_i \cos\beta_i - W_i (1 - \varepsilon_i) \cos(\beta_i + \omega_i),$$

d'où

$$t'_i = \frac{dt_i}{d\omega_i} = 2\pi n r_i K s_i W_i^2 (1 - \varepsilon_i)^2 \sin(\beta_i + \omega_i) \, d\omega_i,$$

et que

$$AE = W_i(1-\varepsilon_i)\sin(\beta_i+\omega_i) - W_i \sin\beta,$$

d'où

$$f_i' = K s_i W_i^2 (1-\varepsilon_i)^2 \cos(\beta_i+\omega_i)\, d\omega_i,$$

$$\frac{t_i'}{v f_i'} = \frac{2\pi n r_i}{v} \operatorname{tang}(\beta_i+\omega_1) = \frac{\operatorname{tang}\alpha_i}{\operatorname{tang}\beta_i}.$$

L'hélice optimum est donc caractérisée par la relation

$$\frac{\operatorname{tang}\alpha_i}{\operatorname{tang}\beta_i} = \frac{n H_i}{v} = \text{const.},$$

d'où

$$H_i = \text{const.}$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le mouvement d'une planète dans un milieu résistant.* Note de **M. P. Fatou**, présentée par M. Goursat.

Nous avons indiqué récemment [1] quelques propriétés du mouvement d'un point, attiré par un centre fixe suivant la loi de Newton, et soumis d'autre part à une résistance proportionnelle à la vitesse; certains des résultats obtenus peuvent s'étendre à des lois de résistance plus générales. Conservant les notations de la Note précédente et désignant par R la résistance opposée à la vitesse, nous avons :

$$(1)\qquad r_2 \frac{d\theta}{dt} = C_0 E^{-\int_0^t \frac{R}{v} dt},$$

$$(2)\qquad v^2 = \frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a},$$

$$(3)\qquad \frac{\mu}{a} = \frac{\mu}{a_0} + \int_0^t R v\, dt.$$

Nous simplifierons la discussion en supposant que $\frac{R}{v}$ reste finie pour $v = 0$, $\frac{1}{r}$ restant borné, de sorte que d'après (1) la vitesse ne devient jamais nulle au bout d'un temps fini, en dehors du centre attractif [2]. En outre on suppose que, v restant supérieure à une quantité positive, il en est de même

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1162-1165.

(2) Si l'on ne fait pas cette hypothèse, il peut arriver que v devenant nul au bout d'un temps fini, le mobile tombe ensuite en ligne droite sur le centre attractif : le mouvement n'est pas *régulier*.

de R; ces hypothèses sont vérifiées, par exemple, pour

$$R = k v^{\alpha} r^{-\beta} \qquad (\alpha \quad 1, \beta > 0).$$

Nous resterons dans le cas, seul intéressant, où l'orbite osculatrice initiale est elliptique et $C_0 > 0$.

Il est impossible que t tendant vers T (finie ou infinie) la position limite du mobile soit indéterminée :

1° Si r possède deux limites d'indétermination distinctes, le raisonnement de la Note précédente montre que l'on aboutit à une contradiction.

2° Si r tend vers $r_1 > 0$, et si θ, qui croît constamment, tend vers l'infini, comme a, qui décroît constamment, tend vers a_1, v^2 tend vers $\frac{2\mu}{r_1} - \frac{\mu}{a_1}$ ou v_1^2. Si $v_1^2 \neq 0$, on constate que le raisonnement rappelé plus haut s'applique encore. Si $v_1^2 = 0$, on applique le lemme que voici : « Si $f(x)$, continue ainsi que ses n premières dérivées, admet au moins une limite d'indétermination finie pour x infini, les dérivées en question admettent la limite d'indétermination zéro. » Or, l'une des équations intrinsèques du mouvement s'écrit :

$$\frac{\dot\rho^2 + \rho^2}{\ddot\rho + \rho} = \frac{v^2}{\mu}, \tag{4}$$

en posant $\rho = \frac{1}{r}$, et désignant par des points les dérivées par rapport à θ; ρ tendant vers $\frac{1}{r_1}$ pour θ infini, $\ddot\rho$ admettrait la limite zéro, et $\frac{v^2}{\mu}$ aurait une limite d'indétermination au moins égale à $\frac{1}{r_1} > 0$: il y a contradiction.

Enfin il est impossible que pour t infini, r tende vers $r_1 > 0$, et θ vers θ_1 finie; on le démontre en se servant du lemme précédent et de l'équation du mouvement projeté sur le rayon vecteur limite.

En résumé, le mobile tombe sur le centre attractif au bout d'un temps fini ou infini; tant qu'il n'y a pas choc, le mouvement se poursuit régulièrement et l'on a

$$r > \frac{C_0^2}{2\mu} E^{-\int_0^t \frac{R}{v} dt},$$

ce qui montre que l'intégrale $\int \frac{R}{v} dt$ étendue à toute la trajectoire est divergente. Ceci a pour conséquence que le demi-grand axe a tend vers zéro; sinon v^2, d'après (2), tendrait vers l'infini, et $\int \frac{R}{v} dt$ étant divergente, $\int R v \, dt$ le serait *a fortiori*, ce qui implique, d'après (3), que $a \to 0$.

En ce qui concerne la trajectoire : 1° on peut supposer que pour $r \to 0$, $\theta \to \theta_1$, valeur finie. Le fait que la trajectoire est concave vers l'origine montre qu'au voisinage de ce point r est fonction décroissante de θ, et que la longueur de la trajectoire est finie [1]; 2° on peut supposer que pour $r \to 0$, $\theta \to \infty$ (mouvement en spirale). On démontre que dans ce cas v ne reste pas bornée. C'est cette deuxième circonstance qui se présente pour une résistance proportionnelle à la vitesse ou au carré de la vitesse.

Dans le premier cas ($R = kv$), une étude plus serrée de l'équation différentielle du second ordre en r et t considérée dans la Note précédente permet d'établir la double inégalité

$$\frac{p_0}{2} E^{-2kt} < r < 2a_0 E^{-kt},$$

pour un choix convenable de l'instant initial [2].

Notons enfin cette propriété générale des trajectoires, conséquence de (4); à partir de l'instant où l'orbite osculatrice est elliptique, $r\cos^2\psi$ varie dans le même sens que r, ψ désignant l'angle de la normale et du rayon vecteur.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Skjellerup (1922 a), faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. P. Chofardet, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1922.	Temps moyen de Besançon.	ΔƦ.	ΔⓅ.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 19....	9.39. 8	+0.45,20	− 4.30,7	9:9	8. 4.26,43	9,628	68.35.17,8	0,752$_n$	a
» 20....	9.43.11	−2. 4,21	+ 4. 3,0	9:6	8. 9.26,74	9,632	67.39.33,0	0,750$_n$	b

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Ʀ 1922,0.	Réduction au jour.	Ⓟ 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a........	10	8. 3.40,66	+0,57	68.39.38,6	+ 9,9	★ rap. à A.G. Berlin B, 3241.
b........	8,3	8.11.30,36	+0,59	67.35.20,5	+ 9,5	A.G. Berlin B, 3314.

(1) Pour avoir un exemple de ce cas, il suffit de prendre $R = \frac{3v^4}{\mu}\cos\theta$; en prenant ensuite M_0 dans le premier quadrant et choisissant convenablement la vitesse initiale, M décrit l'arc de cercle M_0O tangent en O à Ox. D'ailleurs, si en O la trajectoire est régulière et de courbure non nulle, R est toujours de l'ordre de v^4.

(2) On démontre même que rE^{kt} tend vers zéro, ce qui entraîne que v tend vers l'infini.

Remarques. — Comète faible, de grandeur 12,5, large de 1′ au maximum, condensation assez incertaine et décentrée.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Schjellerup (1922 b), faite à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de M. A. SCHAUMASSE, présentée par M. B. Baillaud.

Date. 1922.	Temps moyen de Nice.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 19....	9.44.47	+0.37,21	+ 0.13,0	18:10	8.24.26,79	9,656	+21.24.51,4	0,727	1

Position de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1............	9,5	8. 3.49,02	+0,56	+21.24.48,3	— 9,9	½(Paris ph. Cl 595, ★ 83; Cl 452, ★ 562).

Remarque. — La comète, de grandeur 12, est formée par une nébulosité diffuse de 2′ environ d'étendue, présentant dans la partie s. f. une faible condensation qui ressort très peu. Le ciel est brumeux à cette hauteur.

PHYSIQUE. — *Sur les variations de l'opalescence critique avec la température et la longueur d'onde de la lumière incidente.* Note de M. A. ANDANT, présentée par M. E. Bouty.

MM. K. Onnes et Keesom ont publié en 1908 (1) les résultats des premières mesures spectrophotométriques de l'opalescence critique, faites par eux sur l'éthylène (t. crit., 11°, 18 C.).

J'ai effectué de telles mesures dans des conditions plus variées sur cinq liquides à températures critiques élevées (éther, acétates de méthyle, d'éthyle, de butyle et d'isobutyle).

La méthode de remplissage des tubes est celle que j'ai employée au cours de recherches précédentes (2). Les liquides, après distillations fractionnées à l'abri de l'air, sont introduits dans l'appareil de remplissage, où l'on achève

(1) K. ONNES et KEESOM, *Leiden Comm.*, n° 104 *b*, 1908.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1573.

la purification par des congélations fractionnées dans le vide. Les liquides ne sont en contact qu'avec du verre et du mercure.

Les tubes sont chauffés dans une étuve électrique où la température peut varier très lentement (de un degré en 50 ou 60 minutes). La mesure des températures se fait avec des thermomètres à mercure de Baudin et des couples thermo-électriques. L'étuve peut être retournée bout pour bout.

Les mesures d'opalescence ont été faites en comparant l'intensité d'un faisceau lumineux traversant le brouillard critique (ou diffusé par celui-ci) à celle d'un faisceau venant de la même source et affaibli de façon connue par trois prismes de Nicol.

Pour les cinq liquides étudiés, l'opalescence se manifeste avec une très grande intensité; au moment du maximum, le tube éclairé de côté a l'apparence d'une baguette d'ivoire polie. Je pense qu'il faut séparer l'opalescence bleuâtre ou légèrement blanche, du trouble opaque et blanc qui lui succède immédiatement avant la réapparition du ménisque.

Nous ne nous occuperons ici que des mesures faites, par exemple sur l'éther, à températures décroissantes, pour un tube à remplissage critique, et portant uniquement sur la quantité de lumière transmise par le trouble critique. Les mesures faites dans ces mêmes conditions sur les autres liquides donnent des résultats analogues.

I. *Influence de la température.* — L'opalescence commence à 3° au-dessus de la température de réapparition du ménisque T'_c, passe par un maximum à 0°,05 de T'_c et s'évanouit à 0°,50 après la réapparition. Le liquide n'est alors presque plus opalescent, la vapeur le restant très légèrement.

La construction des courbes représentant la variation de la quantité de lumière absorbée (ordonnées) avec la température (abscisses) permet de déterminer avec précision la température T_M du maximum d'opalescence (d'opacité).

Depuis le début de l'opalescence jusqu'à 0°,20 au-dessus de T_M, le produit de l'intensité d'opalescence par la température comptée à partir de la température du maximum est sensiblement constant. Les courbes expérimentales obtenues pour les cinq liquides étudiés ont la même forme que celles se rapportant à l'éthylène et se confondent de façon très satisfaisante avec des arcs d'hyperboles équilatères. La théorie de Smoluchowski-Einstein qui prévoit la proportionnalité de l'opalescence à $(T-\theta)^{-1}$ est vérifiée, mais jusqu'à 0°,20 environ de θ seulement. Les autres théories qui entraînent une proportionnalité à $(T-\theta)^{-2}$ doivent être complètement abandonnées, la contradiction expérimentale s'étendant, dans les limites

précédentes, sur six températures critiques comprises entre 11° et 306° C.

II. *Influence de la longueur d'onde.* — L'étude de la variation de l'opalescence avec la longueur d'onde de la lumière incidente a été faite pour les quatre raies visibles du mercure (578, 546, 492, 436) et une radiation rouge voisine de 635.

Au cours de la variation de l'opalescence avec la température, l'influence de la longueur d'onde apparaît en deux phases distinctes, mais continues. Si les mesures s'étendent depuis le début de l'opalescence jusqu'à 0°,15 environ du maximum et si l'on porte en ordonnées log I (lumière absorbée) et en abscisses log λ, les points observés à une même température pour les différentes longueurs d'onde se placent de façon très satisfaisante sur des droites de coefficient angulaire — 4.

La loi de variation est immédiate :

$$I_{abs} = A\lambda^{-4}.$$

Si les mesures sont effectuées dans le dixième de degré qui précède la température du maximum d'intensité, on constate, en construisant les diagrammes logarithmiques, que les points *observés* se placent toujours sur des droites, mais que le coefficient angulaire de celles-ci passe de façon continue de — 4 à — 2. Au moment du maximum, on a

$$I_{abs} = B\lambda^{-2}.$$

La théorie d'Einstein (1910) prévoit la loi en λ^{-4}. Vérifiée jusqu'à 0°,15 du point critique, elle est insuffisante au voisinage immédiat de celui-ci.

Une formule plus approchée a été donnée par Ornstein et Zernike [1] qui prévoient, au point critique même, une intensité de lumière opalescente proportionnelle à λ^{-2}.

Les résultats résumés très succinctement ici apportent à cette formule le premier appui expérimental, dans le cas d'un fluide homogène.

PHYSIQUE. — *Sur le champ électromagnétique des trajectoires stationnaires de Bohr.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Brillouin.

On trouvera ici quelques réflexions très élémentaires sur l'atome de Bohr qui se réduisent, en somme, à poser d'une façon particulière le

---

(1) Ornstein et Zernike, *Proceedings of the Royal Academy Amsterdam*, 26 septembre 1914.

problème des quanta, mais c'est là un sort commun à tous les travaux publiés jusqu'à présent sur ce sujet.

Dans la théorie classique de Lorentz, l'onde lumineuse émise pendant qu'un électron subit des accélérations a, entre autres, pour rôle de signaler aux régions éloignées de l'espace les variations de la vitesse du centre électrisé. Tant que cette vitesse v reste constante, les champs électrique et magnétique en un point P sont donnés par les lois de Coulomb et de Laplace généralisées :

$$\vec{h} = \frac{e}{r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\vec{r^0}, \qquad \vec{H} = \frac{e}{r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\left[\vec{r^0} \times \vec{v}\right], \tag{1}$$

r étant la distance de P à la position actuelle de l'électron, $\vec{r^0}$ un vecteur unité parallèle au rayon vecteur r, et c la vitesse de la lumière.

Après une accélération qui a porté v à la valeur $v + \Delta v$, les champs électromagnétiques qui suivent l'électron dans son mouvement ont changé; leur valeur nouvelle correspond à la vitesse $v + \Delta v$.

C'est pendant le passage de l'onde lumineuse que s'effectue ce changement. C'est elle qui apporte l'énergie nécessaire ([1]).

Il en résulte que, si les trajectoires stationnaires de Bohr n'émettent aucune onde, leurs champs à grande distance doivent être constants.

Voici un autre raisonnement aboutissant à la même conclusion : Toutes les théories actuelles admettent la validité absolue des équations de Maxwell-Hertz loin des atomes. Les retouches portent seulement sur la liaison entre l'éther et la matière. Or, les orbites stationnaires des électrons sont périodiques ou quasi périodiques. Les champs à grande distance ne peuvent être que constants, périodiques ou quasi périodiques. Mais dans ces deux derniers cas, il se produirait nécessairement d'après les équations fondamentales des effets d'induction périodiques, c'est-à-dire des ondes. Ces champs sont donc constants.

Les quanta ont donc pour effet de produire à une certaine distance de l'atome un *régime permanent*, une organisation des lignes de force en tubes invariables, analogues à des tourbillons stationnaires en hydrodynamique.

Les conclusions ont une importance particulière au point de vue de notre conception du champ magnétique. Dans la théorie de la relativité, ce dernier ne se distingue pas essentiellement du champ électrique; il se comporte en gros comme un vecteur auxiliaire. La théorie des *quanta* lui rend

---

([1]) Cf. par exemple Langevin, *Journal de Physique*.

une réalité physique propre, elle nous conduit à imaginer des tubes d'induction stables multiples d'un tube unité correspondant au magnéton. Malheureusement, comme on le sait, le magnéton, ainsi calculé, est égal à cinq fois environ la valeur expérimentale.

Le champ à grande distance et l'énergie qu'il contient ne participant pas au mouvement de l'électron sur ses orbites stationnaires, sa masse initiale m'_0 doit y être inférieure à celle qu'il possède à l'état libre m_0.

Or, l'expérience nous apprend que ces deux grandeurs sont très voisines. Elles coïncident certainement à quelques millièmes près. Il en résulte que la majeure partie de l'énergie du champ suit l'électron dans son mouvement, lui faisant un sillage identique à celui qui l'accompagne lorsqu'il est libre.

Si l'on admet, comme on le fait d'habitude, que ce sillage est d'origine électromagnétique (les champs étant donnés par les formules (1) jusqu'au voisinage immédiat de l'électron) on peut calculer une limite inférieure de la distance ρ, au delà de laquelle s'étend la région de champs constants.

Le rayon a de l'électron est voisin de 2.10^{-13} cm. Posons $m'_0 = m_0(1-\varepsilon)$, nous trouvons immédiatement $\rho = \frac{a}{\varepsilon}$ environ.

Si l'on fait, par exemple, $\varepsilon = \frac{1}{1000}$, on a $\rho = 1000\,a = 2.10^{-10}$ cm, valeur comparable au diamètre des premières orbites de l'uranium. Mais il est possible que ρ soit plus grand encore, de l'ordre des diamètres atomiques, soit 10^{-8} cm. Les mesures du rapport $\frac{e}{m_0}$ ne permettent pas encore d'assigner au nombre ε une valeur précise.

Voici donc comment, dans ces hypothèses, on peut s'imaginer la distribution des champs dans un atome d'hydrogène :

D'abord, au voisinage immédiat de l'électron, mêmes champs que s'il était libre et animé d'une vitesse constante égale à sa vitesse actuelle. Ceci reste vrai quelle que soit la nature de ces champs, qu'ils obéissent aux lois classiques ou à d'autres encore inconnues. Puis vient une zone intermédiaire dont nous ne savons rien. Enfin, à partir d'une distance ρ s'étend jusqu'à l'infini, la région de champs constants. Il est probable que dans ces deux dernières régions intervient aussi le champ du noyau et qu'il contribue à la création d'un régime permanent.

Ce qu'on vient de voir justifierait les calculs de Bohr et de Sommerfeld, qui, pour déterminer l'influence des électrons internes de l'atome sur le mouvement de l'électron lumineux, admettent, en première approximation, que les premiers sont immobiles et que leur champ électrique est constant.

Mais, pour les mêmes raisons, il ne me paraît pas légitime d'étendre à la dynamique interatomique, les calculs de perturbations de la Mécanique céleste. L'insuccès partiel (au point de vue quantitatif) de la tentative de Landé sur l'hélium provient, non seulement de la faible approximation des calculs, mais aussi d'hypothèses inexactes sur les champs.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude expérimentale sur les pertes d'énergie dans quelques diélectriques industriels.* Note de M. **Augustin Frigon**, présentée par M. Paul Janet.

Malgré les nombreux travaux qui ont été faits sur les pertes d'énergie dans les diélectriques, on ne sait rien de précis sur la nature du phénomène et l'on ne sait pas grand'chose sur ses particularités. Les quelques lois qualitatives que l'on a pu émettre ne s'appliquent qu'à des cas particuliers et les lois quantitatives sont encore à établir d'une façon satisfaisante.

La question est donc loin d'être épuisée et ce n'est qu'en accumulant les constatations expérimentales que l'on parviendra à serrer la vérité de plus près et à fournir aux théoriciens les matériaux nécessaires à l'établissement de lois plus précises. En attendant, les résultats ainsi obtenus peuvent être utilisés pour les besoins de l'électrotechnique, dans les limites imposées par l'étendue des travaux d'où ils sont tirés.

Nous nous sommes donné pour objet l'étude des pertes d'énergie dans les diélectriques, considérées dans leur ensemble, par une méthode de mesure aussi simple et aussi directe que possible, à des gradients de potentiel élevés et pour des variations importantes de tension sinusoïdale, de température, de fréquence et d'épaisseur.

A cet effet, nous avons utilisé un électrodynamomètre très sensible, à miroir, employé directement, sans circuit de compensation, sans transformateur de tension, avec simple résistance ohmique dans le circuit potentiel. L'appareil que nous avons employé a une sensibilité d'environ 7×10^{-9}R watts par millimètre (R résistance du circuit dérivé). Nous avons ainsi obtenu de très bons résultats. La méthode ne présente pas d'inconvénients insurmontables, mais elle exige une vérification expérimentale très soignée des conditions de fonctionnement du montage.

Nous nous sommes servi, pour ces vérifications, de condensateurs à air formés de plateaux semblables à ceux des électromètres Abraham-Villard

de grand modèle. On peut admettre que l'on dispose ainsi d'un condensateur presque parfait et que l'angle de déphasage qu'ils produisent est pratiquement de 90°. En reliant des boîtes de résistance connue en série, on obtient le déphasage que l'on veut.

L'influence de l'induction mutuelle entre les différentes parties du montage et celle de la capacité du circuit dérivé par rapport au sol, sont considérables. Après quelques tâtonnements, nous avons trouvé la disposition la plus appropriée à donner aux circuits. Nous avons dû, par exemple, suspendre les boîtes de résistance du circuit potentiel dans une pièce voisine de celle où nous expérimentions et à une hauteur d'environ 3^m du sol.

Jusqu'à présent nous avons opéré sur des éprouvettes de papier imprégné de vaseline et de résine, tel qu'il est employé pour l'isolement des câbles électriques pour basse tension. Ces éprouvettes avaient une forme cylindrique pour diminuer le plus possible l'influence des effluves. Leur longueur moyenne était de 40^{cm} et leur diamètre de 20^{mm}.

Voici, en résumé, les principaux résultats que nous avons obtenus jusqu'à présent :

1° Dans le cas d'éprouvettes cylindriques comme les nôtres, les pertes par effluves introduisent une erreur qui ne doit pas dépasser 3 à 4 pour 100, pour des tensions de l'ordre de 20000 volts.

2° Les pertes ne sont pas rigoureusement constantes par rapport au temps. Il n'est pas rare de trouver des écarts de 10 pour 100 entre deux lectures faites dans des conditions identiques.

3° Les pertes par effet Joule sont négligeables devant les pertes cycliques, à toutes températures et à toutes tensions (de 0° à 125° et de 5000 à 25000 volts). Ceci découle de mesures de résistances que nous avons faites en haute tension, au moyen d'un redresseur thermo-ionique.

4° En fonction de la température, les pertes peuvent s'exprimer par une fonction de la forme

$$P = mT^n$$

pour certaines limites de température. Dans notre cas on a :

De 0° à 25° C.,

$$P = aT^{-0,3};$$

De 70° à 125° C.,

$$P = bT^{3,6}.$$

La courbe entière a un minimum vers 40°.

5° En fonction de la tension, on trouve de même

$$P = mV^n.$$

Dans notre cas, et pour des gradients de potentiel supérieurs à 3500 v:mm et à la température de 56°, on obtient

$$P = cV^{2,5}.$$

L'exposant varie de 2,7 à 1,9 lorsque la température passe de 15° à 120° C.

6° Pour fixer les idées, nous pouvons dire que nous avons obtenu, à 40° C. et pour un gradient de 2500 v : mm, une perte de 0,2 watt par mètre de longueur d'une éprouvette de 20mm de diamètre et de 2mm d'épaisseur.

7° La capacité augmente légèrement avec la température. Elle varie légèrement avec la tension, mais pas suivant une loi simple. (Nous avons calculé la capacité par la formule $\frac{I}{2\pi f V}$. Le courant était mesuré au moyen d'une résistance et d'un électromètre Moulin.)

8° En fonction de la température, le facteur de puissance varie de la même façon que les pertes. On obtient, pour un gradient de 25000 v : mm : de 0° à 25°,

$$\cos\varphi = pT^{-0.3};$$

de 70° à 120°,

$$\cos\varphi = qT^{3.1}.$$

9° Pour des températures inférieures à 100° C., le facteur de puissance augmente proportionnellement à la tension. Pour des températures plus élevées, il diminue, le plus souvent, par rapport à ta tension ; quelquefois il augmente ou il présente un minimum.

10° Lorsque l'épaisseur diminue, les pertes augmentent si la tension reste constante; elles diminuent si le gradient reste constant. Il existe donc une épaisseur optima pour laquelle les pertes sont minima pour toutes les tensions.

11° Lorsque l'on augmente le rayon de courbure de l'éprouvette (le diamètre dans notre cas), les pertes diminuent tout d'abord, puis elles augmentent pour atteindre un maximum lorsque le rayon est suffisamment grand.

12° Les pertes augmentent en proportion directe de la fréquence ou légèrement moins vite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réduction des oxydes par l'hydrogène.* Note de M. E. **Berger**, présentée par M. G. Lemoine.

Dans une Note de 1914 (¹), j'avais publié une courbe de la vitesse de réduction de l'oxyde de nickel, par l'hydrogène, accusant un coude net à 50 pour 100 de la réduction. Ce résultat était en désaccord avec celui de MM. Sabatier et Espil (²) qui, par un mode opératoire différent, avaient trouvé un coude vers 75 pour 100 et conclu à la production d'un oxyde intermédiaire de formule probable Ni^4O, alors que ma courbe aurait attribué à ce sous-oxyde la formule Ni^2O.

Ne doutant pas de l'exactitude des expériences de MM. Sabatier et Espil et confiant aussi dans les miennes, j'ai pensé que la divergence constatée pouvait être due à la nature différente des oxydes utilisés. J'ai donc repris cette étude sur des oxydes de nickel d'origine diverse.

Le mode opératoire pour la détermination de la masse d'hydrogène, entrée en réaction, en fonction du temps, est resté le même; les détails expérimentaux qui ne peuvent trouver place ici seront donnés dans un travail d'ensemble ultérieur.

Les nouvelles expériences ont porté sur les échantillons suivants :

I. Hydrate d'oxyde précipité, expérimenté déjà en 1914.

II. Le même oxyde déshydraté, par BaO, dans le vide de la trompe à mercure, en 176 heures à 209°,5, de couleur très foncée, presque noir.

III. Le même oxyde calciné à 1000° dans le vide de la trompe : vert olive.

IV. Oxyde provenant du nitrate pur (méthode de Copaux) chauffé 10 heures, à 250°, jusqu'à disparition de la réaction à la diphénylamine sulfurique.

V. Oxyde provenant de la calcination à 550° du même nitrate; analogue à l'oxyde étudié par MM. Sabatier et Espil.

VI. Oxyde provenant d'un peroxyde préparé par précipitation du nitrate par la potasse en présence de brome. Le peroxyde noir très divisé et colloïdal a dû être lavé un mois au soxhlet pour être débarrassé de sels alcalins; il renfermait alors environ un tiers d'atome d'oxygène actif, en sus de la formule NiO, et a été ramené à cette formule par chauffage dans l'hydrogène à 100°.

La réduction de tous ces échantillons d'oxyde de nickel a été effectuée à 209°,5 (température d'ébullition du nitrobenzène).

(¹) E. Berger, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1798.

(²) Sabatier et Espil, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 668, et t. 159, 1914, p. 137.

Résultats. — Deux expériences, au moins, ont été faites sur chaque échantillon; on constate qu'en faisant abstraction des irrégularités au départ, les courbes relatives à un même échantillon coïncident pratiquement. En particulier, les courbes de l'échantillon I, en 1920, sont identiques à celles que j'ai publiées en 1914. Mais la vitesse de réduction et la forme de la courbe varient avec l'origine de l'oxyde. La figure 1 représente la fraction de NiO réduite en fonction du temps, en heures; on voit que la réduction totale demande moins de 100 heures pour les échantillons I, II, VI; plus de 200 heures pour IV et V; pour l'oxyde III, la réduction était à 85 pour 100 au bout de 1000 heures.

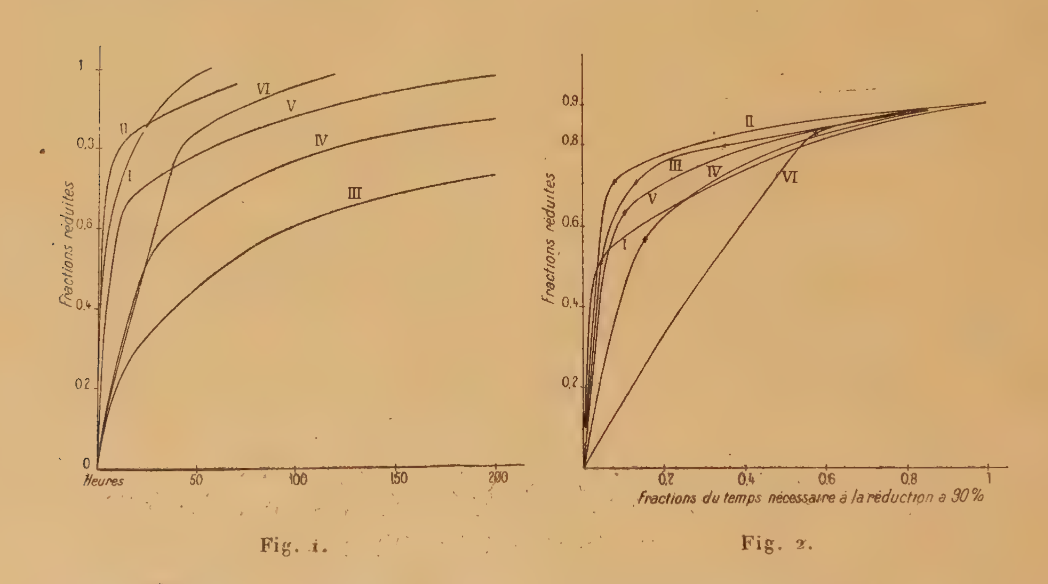


Fig. 1. Fig. 2.

Dans le but de mieux comparer les formes des courbes de réduction, on les a reproduites dans la figure 2 en modifiant pour chacune l'échelle des abscisses de façon à leur donner deux points communs : l'origine et le point de réduction à 90 pour 100. On a préféré prendre 90 pour 100 et non 100 pour 100, car l'abscisse du point de réduction totale, atteint tangentiellement, est assez incertaine.

On constate sur la figure 2 que toutes les courbes présentent un coude (marqué d'une croix); mais le résultat important est que les ordonnées de ces coudes sont différentes et ont à peu près les valeurs suivantes : Éch. I, 0,50; Éch. II, 0,70; Éch. III, 0,70; Éch. IV, 0,56; Éch. V, 0,63; Éch. VI, 0,82. Le chiffre de l'échantillon V se rapproche de celui des premières déterminations de MM. Sabatier et Espil.

Conclusions. — La discontinuité observée dans les courbes de vitesse de réduction de l'oxyde de nickel se produisant à des étapes de la réduction variables de 0,50 à 0,82 avec l'origine de l'échantillon, il paraît impossible d'admettre, comme MM. Sabatier et Espil et moi-même l'avions fait en 1914, que son explication puisse se trouver dans la formation d'un oxyde intermédiaire. La formule de cet oxyde serait, en effet, non pas incertaine, car le même oxyde donne toujours le même coude; mais variable, ce qui est inadmissible.

Cette discontinuité doit avoir pourtant une signification. On pourrait imaginer des explications d'ordre physique, par exemple : mélange de deux polymères d'activité différente; mélange de grains de grosseur différente [1]; existence d'une épaisseur limite dans la perméabilité à l'hydrogène de la couche de nickel réduit, etc. Toutes ces hypothèses devraient être soumises, si possible, à l'expérience.

En résumé, la courbe de vitesse de réduction d'un oxyde, lorsqu'il existe des oxydes intermédiaires, *stables à la température de l'expérience*, peut présenter des coudes au passage de ces oxydes : MM. Glaser, Sabatier et Espil l'ont constaté; je l'ai moi-même observé sur différents oxydes.

En particulier, pour l'oxyde ferrique, dans la réduction à 209°,5, il y a un coude accentué au passage de Fe^3O^4; par contre, il n'y a aucune discontinuité dans la courbe au passage de FeO. Nous pouvons en déduire que FeO ne se produit pas dans la réduction de Fe^2O^3 à 209°,5 et nous savons, en effet, depuis M. Chaudron [2], que FeO est instable à cette température. Il semble que l'on puisse énoncer la même conclusion pour Cu^2O, la réduction de CuO à Cu se faisant sans discontinuité à basse température [3].

Par contre, l'existence d'un coude dans la courbe de vitesse de réduction ne paraît pas signifier forcément la formation d'un composé intermédiaire. C'est le cas de NiO et l'existence des sous-oxydes de nickel doit être, à mon avis, remise en question.

---

(1) Pour tous les échantillons étudiés, les grains sont trop fins pour que l'on ait pu distinguer leur forme au plus fort grossissement du microscope.

(2) CHAUDRON, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 152.

(3) E. BERGER, SABATIER et ESPIL, *loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'allotropie « dynamique » du tellure.* Note de M. A. DAMIENS, présentée par M. Le Chatelier.

MM. Cohen et Kröner [1] ont appliqué au tellure une théorie de l'allotropie dite « dynamique », d'après laquelle toute phase homogène d'un corps donné pourrait se composer de plusieurs espèces de molécules en équilibre. Les constantes physiques, se rapportant à un tel état d'équilibre, pourraient varier avec les traitements subis par l'échantillon, elles ne seraient donc pas définies, et elles devraient même, la théorie étant admise, « être rayées de la littérature ».

Pour justifier une telle conclusion dans le cas du tellure, ces auteurs ont chauffé à une même température (vers 350°, au point d'ébullition du mercure) et dans l'azote, des produits de densités différentes, puis ils les ont trempés. Si la théorie est exacte, toutes les densités doivent tendre vers une même valeur, correspondant à l'équilibre à 350° :

Origine et nature du produit.	Densité avant la chauffe.	Après 3 jours à 350°.	Après 2 semaines.	Après 6 semaines.
1. Tellure fondu, refroidi et pulvérisé (cristallisé)........	6,237	6,231	6,223	6,203
2. Tellure fondu, refroidi et pulvérisé (cristallisé)........	6,222	»	6,225	6,203
3. Tellure amorphe (pp. par SO^2 dans une solution d'un sel de tellure)..............	6,150	6,180	6,200	tube cassé
4. Tellure amorphe (pp. par SO^2 dans une solution d'un sel de tellure)..............	6,150	»	6,854	»

Les densités des trois premiers produits ont bien tendu vers un même chiffre, les deux premières en diminuant, la troisième en s'accroissant. Par contre, la quatrième est discordante, car elle a dépassé ce chiffre ; il eût été important de connaître la densité du troisième après quatre semaines, pour savoir si, ayant atteint ce que M. Cohen considère comme la limite, elle ne l'aurait pas dépassée à son tour.

De plus, il est bon de faire remarquer que dans les expériences 3 et 4, il s'agit de la transformation du tellure amorphe en tellure cristallisé. Il est

(1) COHEN et KRÖNER, *Z. ph. Ch.*, t. 82, 1913, p. 587.

normal que la densité soit accrue par le fait même, mais il est incompréhensible qu'elle dépasse celle de ce dernier.

Le phénomène serait réversible.

En raison de l'intérêt de la question soulevée, nous avons repris l'étude de l'allotropie du tellure, non seulement par l'examen des densités, mais aussi par celui des courbes thermiques et de la calorimétrie.

Nous avons utilisé un produit très pur, distillé dans l'hydrogène, puis dans le vide. Il fondait dans le vide à 453°. Les courbes d'échauffement et de refroidissement ont été régulières : le tellure cristallisé ne subit donc à l'abri de l'air aucune transformation comportant un effet thermique mesurable.

Des mesures précises de densités ont été faites sur du tellure cristallisé de diverses manières. Nous utilisions la méthode de MM. Le Chatelier et Bogitch ([1]), légèrement modifiée pour obtenir une précision plus grande. Voici les valeurs observées : 6,236 pour le tellure fondu et refroidi lentement; 6,233 pour le tellure cristallisé dans le tétrachlorure fondu; 6,310 pour le tellure en aiguilles obtenues par vaporisation.

La densité du tellure obtenu par vaporisation (6,310) *est invariable à toute température*. Chacune de ces aiguilles est formée d'un cristal unique, sans cavités, et la densité est la densité vraie du tellure cristallisé. La densité des deux autres produits *paraît* plus faible, parce que, en raison de leur mode de production, ils sont légèrement poreux. Par chauffage dans le vide à la même température que dans l'expérience de MM. Cohen et Kröner, et par trempe ultérieure, leur densité s'accroît, mais faiblement et *très lentement*, d'autant plus vite que la température est plus élevée. Voici quelques chiffres :

Température.	Durée de chauffe.	Densité en fin d'expérience.	Accroissement pour 100.
Produit d'origine		6,236	»
165°	434 heures...	6,269	0,55
175°	173 » ...	6,268	0,56
265°	173 » ...	6,268	0,56
370°	91 » ...	6,267	0,52
Près fusion non déterminée...		6,277	0,68

La trempe du tellure liquéfié en tube de quartz a donné des produits de densités 6,273; 6,287; 6,276, correspondant à des accroissements de 0,64; 0,83; 0,66 pour 100.

([1]) LE CHATELIER et BOGITCH, *Rev. Mét.*, 1918, p. 514.

Dans ces cas où la densité s'accroît par chauffage, la variation constatée est toujours de même sens. Elle est de plus irréversible : on n'observe pas d'abaissement sensible de la densité lorsque l'on abaisse la température de chauffe d'un produit. Nous pensons que cette faible variation de densité est due à une recristallisation lente, dont l'effet est, sinon d'annuler, du moins de diminuer des cavités intercristallines.

On ne saurait pas voir ici un phénomène d'équilibre, comme le voudrait la théorie dynamique.

Quant au tellure amorphe, préparé et manipulé à l'abri de l'air, il a pour densité 5,85-5,87. Chauffé de même, il se transforme en tellure cristallisé *avec dégagement de chaleur*, ce qui est contraire aux conclusions de Berthelot et Fabre [1]. La poudre amorphe se contracte beaucoup en se transformant et le produit obtenu est extrêmement poreux. Aussi, sa densité reste-t-elle plus faible que celle du tellure cristallisé ; cette densité *apparente* varie d'ailleurs beaucoup avec la grosseur des grains, comme le montrent les chiffres suivants, obtenus après trois heures de chauffe progressive entre 20° et 400° :

		D.
Grains traversant le tamis	50	6,063-6,064
»	100	6,170
»	120	6,174-6,175

En chauffant de nouveau ce produit dans le vide, il continue à s'agglomérer, sa porosité diminue, et sa densité atteint sensiblement celle du tellure cristallisé (6,231 après 144 heures à 350°).

Nos expériences ne confirment donc pas celles de MM. Cohen et Kröner. Tous les phénomènes observés s'expliquent aisément sans faire intervenir une théorie nouvelle. La seule densité vraie du tellure cristallisé est celle du produit le plus compact, et, contrairement aux conclusions de MM. Cohen et Kröner, les constantes physiques du tellure gardent leur signification classique.

---

(1) Berthelot et Fabre, *Ann. de Chim. Phys.*, 6e série, t. 14, 1888, p. 92.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les séries L du lutécium et de l'ytterbium et sur l'identification du celtium avec l'élément de nombre atomique* 72. Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

Depuis la publication des résultats de notre étude des séries L des éléments exécutée au cours de l'an dernier [1] avec un spectrographe de M. de Broglie, nous avons pu améliorer considérablement notre dispositif expérimental en plaçant la fente collimatrice à l'intérieur du tube au voisinage immédiat de l'anticathode. Cette disposition, qui décuple l'intensité du rayonnement tombant sur le cristal a, en outre, l'avantage de protéger la fragile fenêtre transparente des radiations issues du foyer. Nous pouvons ainsi, par des poses ne dépassant pas quelques dizaines d'heures, obtenir des clichés présentant le noircissement optimum avec des éléments étudiés sous forme d'oxydes ou de sels possédant une très faible conductibilité thermique et ne supportant pas, sur l'anticathode, une puissance supérieure à une dizaine de watts par millimètre carré sans destruction rapide. La dispersion correspond à 6 unités X (10^{-11} cm) par millimètre.

I. Grâce à cette technique nous avons pu étudier en détail les séries L du lutécium et de l'ytterbium, contenus à l'état d'oxydes dans une préparation de M. Urbain déjà utilisée par M. de Broglie [2] pour ses mesures des limites d'absorption K de ces éléments. Une petite quantité de ce mélange fut agglutinée sur l'anticathode de cuivre au moyen d'un peu d'anhydride borique fondu. La tension constante fut réglée à 40 kv et la puissance à une vingtaine de watts.

Friman et Hjalmar avaient déjà trouvé une dizaine de raies dans le groupe des terres rares. Nous en avons identifié vingt-six pour le lutécium qui possédait la plus forte concentration, toutes raies déjà reconnues par nous pour des éléments plus lourds. Leurs longueurs d'ondes, exprimées en unités X et mesurées par rapport aux lignes K du cuivre (Siegbahn) sont réunies dans le Tableau suivant. Elles sont exactes à $\pm 0,3$ unité X près, sauf peut-être pour quelques raies γ de l'ytterbium qui coïncident avec des lignes du lutécium ou du tungstène.

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 915, 1350, 1650; t. 173, 1921, p. 35, 137, 647, 1077, 1458.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 725.

Longueurs d'ondes des raies L *des éléments* Lu *et* Yb.

Combinaison.	Raie.	Lu.	Intensité.	Yb.	Intensité.
$O_{34}L_3$.......	γ_4	1141,4	ass. forte	1182,6	(γ_7 Lu)
N_4L_3........	γ_9	1160,5	tr. faible	1201,6	(γ_6 Lu)
N_6L_3........	γ_3	1176,5	forte	1219,4	(γ_1 Lu)
N_7L_3........	γ_7	1182,6	(γ_4 Yb)	1226,2	forte
$O_{12}L_2$.......	γ_2	1196,9	tr. faible	1240,5	(β_2 W)
N_2L_2........	γ_6	1201,6	(γ_9 Yb)	1248,3	tr. faible
N_3L_2........	γ_{10}	1211,9	tr. faible	1256,8	(γ_5 Lu)
N_5L_2........	γ_1	1219,4	(γ_3 Yb)	1265,0	tr. forte
N_8L_2........	γ_5	1256,8	ass. forte	1303,8	ass. forte
M'_1L_3.......	β_8	1333,0	moy.	"	"
$O_{12}L_1$, M_2L_3.	β_5, β_9	1339,8	moy.	"	"
N_2L_2, O_5L_1..	β'_7, β_7 (doublet)	1346,6	moy.	"	"
N_3L_1........	β''_2	1357,9	moy.	1405,9	moy.
N_4L_1........	β_2	1366,8	tr. forte	1412,4	tr. forte
N_5L_1........	β'_2	1368,5	moy.	"	"
M_3L_3........	β_3	1398,4	forte	1448,8	forte
N_8L_1........	β_6	"	"	1462,4	ass. forte
M_2L_2.......	β_1	1420,5	tr. forte	1472,6	tr. forte
M_4L_3.......	β_4	1437,2	forte	1488,6	forte
M_5L_2.......	η	1575,4	ass. forte		
M_1L_1.......	α_3	1612,2	ass. forte		
M'_1L_1.......	α_1	1617,6	tr. forte		

Les lignes β_8, β_9, β_5 et β_7 de l'ytterbium se confondent avec les lignes Kβ et Kγ du cuivre et la ligne β_{11} avec le groupe Kα. Nos mesures s'accordent à quelques unités X près avec celles de Friman et Hjalmar. Cependant les valeurs de η données par ces auteurs pour Ta, Yb, Er et Tb sont beaucoup trop faibles. Par contre, les chiffres relatifs à $\alpha_1\alpha_2$ et l sont corrects. La ligne 1422 signalée comme étant β_5 de Yb est en réalité β_1 de Lu.

Comme pour les éléments plus lourds, à l'exception de l'uranium, il subsiste un défaut de combinaison pour les lignes Mα et Mβ de ces deux éléments lorsque l'on pose *a priori* $\sqrt{\frac{\nu}{R}}(O_{12}) \sim 1$. Ce défaut semblerait indiquer que les fréquences des limites L sont un peu plus grandes qu'on ne le croit généralement, et serait sans doute à rapprocher de l'existence des raies L d'absorption que nous avons signalées.

Il est à remarquer que la raie γ_2 du lutécium est beaucoup plus faible que celle du tungstène et, comme les lignes β_5 et γ_2 de l'uranium sont nettement plus intenses que celles de l'or, il semble exister, en outre du gros phénomène d'accroissement d'intensité entre W et Pt que nous avons étudié l'an dernier, une faible croissance régulière depuis Ce jusqu'à U.

Enfin, les lignes β_7 et β'_7 qui semblent confondues au-dessous de l'osmium, le sont probablement par suite du croisement des niveaux O_5 et N_{12} entre Os et Lu.

II. Outre les raies du lutécium et de l'ytterbium, nous avons reconnu l'existence de très faibles lignes démontrant la présence d'une trace de thulium qui est un élément pour lequel on ne connaissait pas encore de raies de haute fréquence. Ce sont : $\gamma_7 = 1272,1$; $\gamma_1 = 1311,3$ et $\beta_2 = 1456,3$. β_1 se confondrait avec $K\alpha_{3,4}$ du cuivre. De plus, deux lignes extrêmement faibles démontrent l'existence d'une trace de celtium et lui assignent le nombre atomique 72. Ce sont : $\beta_2 = 1319,4$ et $\alpha_1 = 1561,8$. Cet élément a été découvert par M. G. Urbain (¹) dans la préparation que nous avons étudiée, grâce à l'apparition d'un groupe de lignes inconnues dans le spectre d'arc. Ses lignes γ_1 et β_1 se confondraient respectivement avec γ_3 et β_2' du lutécium. La ligne β_2 ne saurait être simulée par γ_7 de l'erbium, car les fortes lignes β_1 et β_2 de cet élément ne sont pas visibles. La raie α_1 du celtium ne saurait non plus être due à la présence d'une trace d'holmium (β_2), car la ligne β_1 de cet élément n'est pas apparue. Toute autre impureté du groupe des Terres Rares est exclue. Nous trouvons enfin la raie α_1 du plomb dont la présence était inattendue, la fente collimatrice étant en fer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les numéros atomiques du néo-ytterbium, du lutécium et du celtium.* Note de M. G. Urbain.

Les observations faites par M. A. Dauvillier avec mes produits celtifères présentent une importance théorique qui n'échappera à aucun de ceux qui ont suivi le récent mouvement scientifique relatif aux éléments chimiques et à leur constitution atomique.

Il est acquis désormais que l'élément de numéro atomique 72 s'identifie avec le celtium. Il en résulte que la masse atomique du celtium est comprise entre 175 (lutécium) et 181,5 (tantale). Le celtium, caractérisé par deux ensembles de lignes spectrales (arc et spectre de haute fréquence) et un ordre de grandeur de sa masse atomique, a, de la sorte, définitivement acquis droit de cité parmi les éléments chimiques définis.

Ainsi, d'un point de vue strictement élémentaire, la question des constituants de l'ancien ytterbium de Marignac est réglée. La méthode des spectres de haute fréquence, si significative, et dont on peut dire qu'en matière d'éléments chimiques elle doit avoir le dernier mot, s'est pro-

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 141.

noncée en faveur des résultats que j'avais obtenus par des moyens plus pénibles et peut-être moins probants, au cours d'un travail de plus de 10 années sur l'ancien ytterbium. Mes efforts n'ont abouti qu'à des séparations bien imparfaites, mais, seules, elles ont été suffisantes pour permettre aux spectres de haute fréquence d'attribuer sans ambiguïté aux trois constituants que j'ai découverts leurs numéros atomiques : (néo) ytterbium : 70; lutécium : 71; celtium : 72.

Ces résultats étant acquis, je voudrais esquisser rapidement une partie, encore inconnue du public savant, de l'histoire de ces trois éléments.

A l'époque où j'ai annoncé l'existence du celtium, la loi de Moseley sur les numéros atomiques était inconnue. Après qu'elle fut trouvée, il semblait évident que les trois éléments du groupe ytterbique devaient pouvoir être caractérisés par des spectres de haute fréquence. Moseley fit lui-même l'hypothèse que le celtium s'identifiait peut-être avec l'élément inconnu de nombre atomique 72. D'autre part, Moseley avait, dans ses premiers numérotages des éléments, sur la foi de M. Auer von Welsbach, admis l'existence de deux thuliums, alors que mes recherches conduisaient à n'en admettre qu'un.

Pour résoudre ces différentes questions, je me suis rendu, en juin 1914, en compagnie de Ramsay, à Oxford, au laboratoire du professeur Townsend, où travaillait Moseley. Il s'agissait d'examiner par la méthode, unique alors, de ce jeune savant, les divers termes de mes fractionnements d'ytterbiums.

Nous reconnûmes qu'il n'existait qu'un seul thulium de numéro atomique 69, un seul (néo) ytterbium de numéro atomique 70; un lutécium de numéro atomique 71. Les spectres obtenus par Moseley étaient pauvres en raies; il fut impossible d'observer de lignes attribuables à l'élément de numéro atomique 72. Les premiers de ces résultats sont connus depuis plusieurs années; et ils le furent, sans qu'il y ait de réclamation de priorité possible, par des recherches indépendantes des nôtres. C'est que Moseley s'était chargé de leur publication, et qu'il avait conservé, dans ce but, les documents indispensables. Or, avant qu'il ait eu le loisir de rédiger son Mémoire, la guerre éclatait. Moseley fut des premiers à s'engager, et il devait malheureusement périr aux Dardanelles.

Sir Rutherford qui fit l'éloge funèbre de son élève, m'écrivit au sujet des derniers travaux de Moseley que j'avais assisté. Je crus devoir renoncer à faire appel à mes seuls souvenirs pour publier des résultats que je ne pouvais appuyer d'indications précises.

Les observations de M. A. Dauvillier complètent les résultats primitivement obtenus à Oxford. Ils montrent que le résultat négatif relatif au celtium, par la méthode de Moseley, tenait seulement à son défaut de sensibilité, car la matière examinée par M. A. Dauvillier est celle-là même qui avait été expérimentée dans le propre tube de Moseley.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Floculation du sulfure d'arsenic colloïdal. Influence de la concentration du colloïde, de l'agitation et de la température.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Par la méthode que nous avons décrite antérieurement (1), nous avons pu préciser l'influence d'un certain nombre de facteurs sur la vitesse de floculation du sulfure d'arsenic par divers électrolytes.

1. *Influence de la concentration du colloïde.* — A 50^{cm^3} d'une solution de sulfure d'arsenic, de concentration variable, ajoutons 50^{cm^3} d'une solution d'un électrolyte donné, de concentration déterminée.

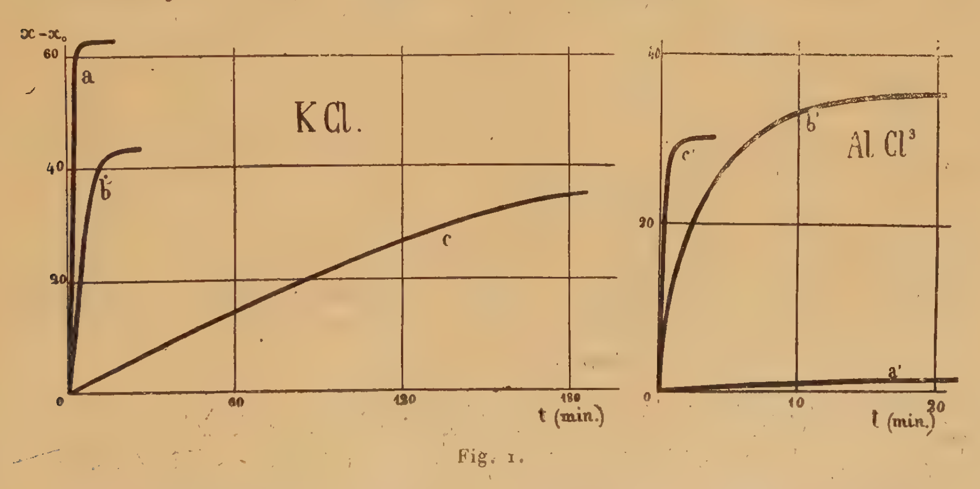


Fig. 1.

Pour quelques-uns des électrolytes que nous avons étudiés, (KCl, $BaCl^2$, $MgCl^2$, $MnCl^2$), la vitesse de floculation augmente avec la concentration du colloïde. Pour $CdCl^2$ et $AlCl^3$, la vitesse de floculation diminue quand la concentration augmente.

La figure 1 reproduit les graphiques relatifs à la variation d'opacité (dans

(1) A. Boutaric et M. Vuillaume, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1293, et t. 173, 1921, p. 229.

une cuve de 1^{cm} d'épaisseur) pour diverses concentrations du colloïde, avec KCl et $AlCl^3$. Les concentrations en As^2S^3 sont :

pour les courbes a et a'	....	$6^g,2$ par litre
» b et b'	....	3,1 »
» c et c'	....	1,55 »

Les concentrations des solutions électrolytiques employées sont $14\frac{N}{100}$ pour KCl et $17\frac{N}{100000}$ pour $AlCl^3$. Pour KCl, l'opacité limite est atteinte d'autant plus vite que la concentration du colloïde est plus grande. C'est le contraire pour $AlCl^3$: au bout de plusieurs heures, la solution de colloïde à $6^g,2$ par litre est encore très loin de l'opacité limite, tandis qu'une solution de concentration 5 fois moindre (à $1^g,2$ par litre) l'atteint en une minute et flocule presque instantanément [1].

2. *Influence de l'agitation.* — Nous avons fait des mesures comparatives : d'une part, en agitant le mélange du colloïde et d'électrolyte, quelques secondes seulement, pour en assurer l'homogénéité; d'autre part, en l'agitant continuellement, avec une baguette, jusqu'à la floculation.

1° Les courbes d'opacité se superposent sensiblement;

2° Pour KCl, la floculation de la solution agitée se produit seulement après que l'opacité limite a été atteinte. Pour $BaCl^2$ et $AlCl^3$, la solution agitée flocule *avant* que l'opacité limite soit atteinte.

3. *Influence de la température.* — La solution de colloïde et celle d'électrolyte sont prises à la même température t et mélangées. Si la température t n'est pas très éloignée de la température ambiante, et si l'expérience est de courte durée, la température du mélange demeure sensiblement invariable.

La vitesse de floculation varie en sens inverse de la température pour KCl, NaCl, NH^4Cl, LiCl. Elle varie dans le même sens pour $BaCl^2$, $CaCl^2$, $SrCl^2$, $MgCl^2$, $CdCl^2$. Elle dépend peu de la température pour $AlCl^3$.

Les courbes de la figure 2, relatives à la floculation observée en mélangeant 50^{cm^3} de solution colloïdale (à $3^g,1$ de As^2S^3 par litre) et 50^{cm^3} de

---

(1) L'influence de la concentration du colloïde a été étudiée notamment par BURTON et BISHOP (*J. of physical Chemistry*, t. 24, 1920, p. 701) et par BURTON et MAC INNES (*Ibid.*, t. 25, 1921, p. 517). Leurs résultats n'ont pas la même signification que les nôtres, car ils ont été obtenus par une méthode toute différente; mais ils ne les contredisent pas.

solution d'électrolyte $\left(\text{à } 11\,\frac{N}{100} \text{ pour KCl et } 16\,\frac{N}{10000} \text{ pour } BaCl^2\right)$ montrent que le temps mis à atteindre l'opacité limite augmente avec la température

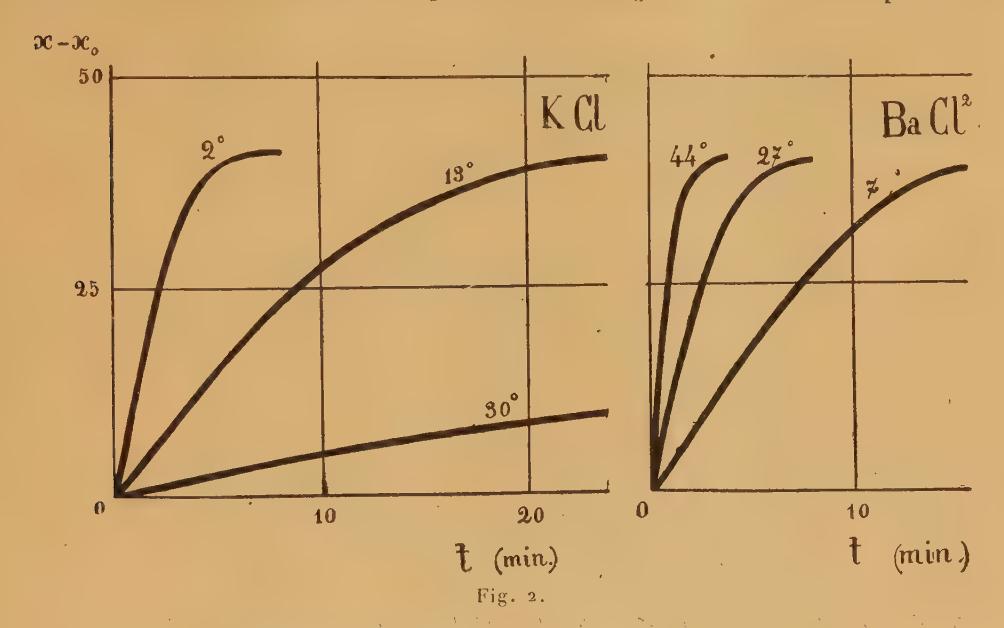


Fig. 2.

pour KCl et diminue quand la température s'élève pour $BaCl^2$. La floculation, pour les métaux alcalins, est *très sensible* à l'influence de la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essais de fabrication synthétique des nacres par production de réseaux chimiques.* Note de MM. **Clément** et **Rivière**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous basant sur les données acquises dans la constitution physique et chimique de la nacre, nous avons cherché à reproduire par synthèse les aspects nacrés.

Les phénomènes de nacrage se produisent avec une intensité considérable sur les feuillets élémentaires fabriqués. Si l'on imagine un empilage d'un nombre considérable de ces feuillets, on obtiendra un morceau de nacre de coquille. Ces feuillets, s'ils sont disposés selon les plans équatoriaux d'une sphère, donneront un ensemble nacré qui est la perle fine.

Constitution physique et chimique de la nacre. — Le professeur Raphaël

Dubois [1] a montré que la nacre possède une charpente alvéolaire constituée par un albuminoïde : la conchyoline. Le carbonate de calcium se dépose entre les montants de cette charpente. Pour la perle, la charpente alvéolaire rayonne autour du centre et le carbonate est empilé dans ces sortes de nids d'abeille.

Chimiquement, voici une composition moyenne de nacre ou de perle :

Albuminoïde (conchyoline)	5 pour 100
Carbonate de calcium	75 »
Eau	25 »

Formation du carbonate de calcium en milieu colloïdal. Production des apparences nacrées. — Il était donc intéressant de voir si en opérant la précipitation du carbonate de calcium, en milieu colloïdal albuminoïdique, on obtiendrait une masse nacrée. L'expérience prouve que sous certaines conditions qui paraissent assez serrées il en est bien ainsi.

Une gelée de gélatine, par exemple, contenant en dissolution des sels de calcium en très forte proportion étant mise en contact avec une dissolution aqueuse de carbonate de sodium en milieu colloïdal se nacre très fortement.

Une dissolution de gélatine ainsi composée :

Eau	80 pour 100
Gélatine	5 »
Sel de calcium	15 »

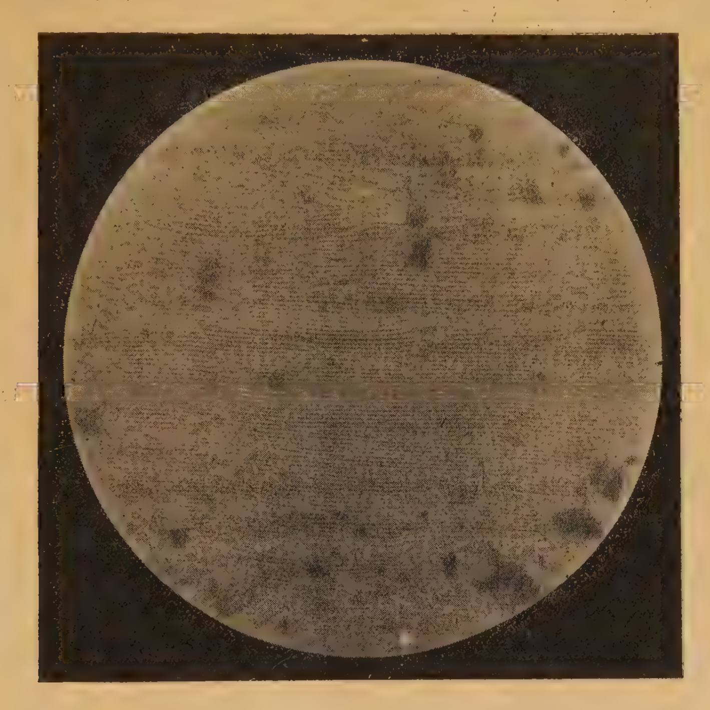
est étalée en couche régulière sur un support tel qu'une plaque de verre. Lorsque la prise en gelée est faite, on laisse couler lentement et régulièrement sur la surface de cette plaque une dissolution de la formule suivante :

Eau	80
Carbonate de sodium	9,6
Phosphate trisodique	2,4
Albumine, caséine, gélatine ou albuminoïde analogue	8
	100

Après 20 ou 30 minutes de contact, on lave la plaque à l'eau et on la sèche. La plaque est nacrée quelquefois d'une façon intense, avec des irisations magnifiques et de superbes tons métalliques. Au microscope, la plaque apparaît composée d'une série de files parallèles de carbonate calcique. Ces files très serrées forment un réseau optique qui donne les phénomènes

[1] *Contribution à l'étude des perles fines et de la nacre*, 1909.

interférentiels expliquant les apparences nacrées. La microphotographie ci-dessous montre ce réseau qui contient environ 1000 traits au millimètre (grossissement 570).



Moulage, G = 570.

Si le réseau est peu serré, l'aspect de la plaque est simplement argenté. Plus le réseau est serré, plus l'aspect argenté devient chatoyant, soyeux et irisé. On peut produire à volonté ces différents aspects et retrouver tous les genres de nacrage depuis la coquille blanche de l'huître, jusqu'à la coquille irisée des mollusques nacriers. Le nacrage produit sur une sphère gélatinée donne l'aspect irisé de la perle et nous avons appliqué cette expérience à l'irisation des perles fausses obtenues à l'aide d'écailles d'ablettes.

Ces plaques sont des nacres synthétiques obtenues sur un feuillet élémentaire. La superposition de deux feuillets augmente beaucoup l'aspect nacré.

La plaque nacrée, desséchée longtemps à l'étuve à 50°, s'opacifie par déshydratation. Il en est de même avec la nacre ou la perle que l'on dessèche fortement et qui « meurt » selon l'expression consacrée.

Le mécanisme de la formation de ces réseaux paraît se rattacher aux phénomènes de précipitations périodiques déjà signalés par plusieurs auteurs :

S. Leduc, Liesegang, etc. Il s'agit là de phénomènes osmotiques en parois semi-perméables (voir expériences S. Leduc).

Moulage des réseaux nacrés. — Les aspects nacrés que nous obtenons ne sont bien dus qu'aux phénomènes optiques des réseaux. On peut le démontrer en coulant à la surface de ces plaques nacrées un collodion de nitrocellulose ou d'acétocellulose, on détache par séchage une pellicule d'éther cellulosique parfaitement nacrée : elle reproduit tous les aspects de la plaque originelle dont elle est un moulage.

Conclusion. — Par superposition, ces empilages de réseaux calciques donnent, il est facile de le concevoir, une structure alvéolaire qui se rapproche étrangement de la structure adoptée pour la nacre naturelle.

Nous pensons que ces expériences éclairent et vérifient les théories admises pour la composition physique et chimique de la nacre et de la perle fine.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfure de zinc phosphorescent.* Note de M. **A.-A. Guntz**, présentée par M. A. Haller.

Le sulfure de zinc phosphorescent préparé pour la première fois par Sidot en distillant au rouge blanc de la blende dans un courant de gaz inerte est un produit cristallisé (wurtzite) présentant une phosphorescence verte. Il est chimiquement identique à la blende, mais cristallise dans le système hexagonal.

Le sulfure de zinc est en effet dimorphe et d'après L.-A. Allen et J.-L. Crenshawn, la blende ou sphalérite est la forme stable en dessous de 1020°, tandis que la wurtzite est la forme stable aux températures élevées.

Nous avons préparé ces deux variétés, phosphorescentes toutes deux, par chauffage du sulfure précipité conformément aux observations de L.-A. Allen et J.-L. Crenshawn [1].

Au microscope les deux variétés se distinguent aisément, la wurtzite se présente sous la forme de petits cristaux octaédriques très réfringents, agissant fortement sur la lumière polarisée. La sphalérite, au contraire, est en lamelles, sans action sur la lumière polarisée.

Les analyses donnent, pour les deux variétés, des chiffres concordants :

	Wurtzite.	Sphalérite.	Calculé pour ZnS.
Soufre...............	32,79	32,96	32,90
Zinc.................	67,08	67,01	67,10

(1) L.-A. Allen et J.-L. Crenshawn, *Z. anorg. Ch.*, t. 79, p. 25.

Nous avons pris les densités dans l'acétate d'amyle, car l'eau mouille assez mal ces poudres cristallines.

	Wurtzite.	Sphalérite.
D_4^{18}	4,093	4,084

La différence est faible, à la limite des erreurs d'expériences.

Notons que la densité obtenue pour la wurtzite diffère de celle de 3,98 donnée par Mourlot ([1]), mais les chiffres que nous obtenons sont sensiblement d'accord avec ceux donnés par Allen et J.-L. Crenshawn, pour des produits naturels :

	Blende.	Wurtzite.
D_4^{25}	4,090	4,087

La phosphorescence ne se développe qu'en présence d'une trace de métal lourd. Avec le cuivre comme phosphorogène à la dose de $\frac{1}{100000}$, la lumière émise est verte dans les deux variétés, mais la durée de la luminosité est différente.

La phosphorescence de la wurtzite est plus persistante, celle de la blende est moins durable; lorsque l'action excitatrice est faible les différences sont moins tranchées, car la blende s'illumine plus facilement.

Nous avons mesuré la variation de l'intensité de la lumière de phosphorescence après insolation à la lumière du jour ou par un ruban de magnésium. La température était de 9°.

Les résultats, exprimés en millionièmes de bougie par centimètre carré, sont résumés dans le Tableau suivant, où les valeurs au temps zéro sont obtenues par extrapolation :

Temps.	Éclat de la wurtzite.	Éclat de la sphalérite.
0	7000	4000
2 secondes	1750	472
5 »	535	118
10 »	210	50
30 »	69	13,2
1 minute	41	6,6
10 minutes	3,9	0,41
1 heure	0,36	0,047
2 heures	0,13	0,018

L'examen de ce Tableau montre nettement que, même pour la wurtzite, la décroissance de l'intensité lumineuse est extrêmement rapide.

([1]) MOURLOT, *Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 56.

Placées dans les différentes régions du spectre, la wurtzite et la sphalérite ne présentent pas de différences, à part la durée de phosphorescence. Dans l'infrarouge, elles donnent le même phénomène d'extinction, précédé d'une légère recrudescence d'éclat.

Sous l'action de la chaleur et du choc, les deux variétés sont extrêmement thermoluminescentes et triboluminescentes.

Les rayons α des composés radioactifs agissent également, mais la blende cependant y paraît un peu plus sensible.

Les rayons X provoquent comme la lumière la luminescence, mais les deux variétés ne présentent plus alors cette différence caractéristique dans les durées respectives de la phosphorescence.

En résumé, la structure cristalline du sulfure de zinc paraît jouer un rôle important dans le phénomène de la phosphorescence, rôle mis en évidence par la durée différente de la luminosité des deux variétés et par le fait connu que leur pulvérisation supprime presque totalement leur émission lumineuse.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Essai d'extension systématique de la préparation des organométalliques. Application à l'iodure de fer éthyle.* Note [1] de MM. **André Job** et **René Reich**, présentée par M. Charles Moureu.

L'organomagnésien de Grignard n'a pas seulement donné pour la synthèse organique les prodigieux résultats que l'on sait, il a fourni une méthode générale commode pour préparer les autres composés organométalliques déjà connus et, par extension, il a permis d'atteindre des composés organométalliques nouveaux : ceux de l'or et du platine (Pope, Peachey et Gibson) et ceux du chrome dans la série phénylée (Hein). Or ces éléments se trouvent précisément dans des séries de la table périodique où l'on ne connaissait pas encore de tels composés.

La question se pose maintenant de savoir si, en vérité, tous les éléments ne sont pas susceptibles de donner des organométalliques et si les insuccès rencontrés jusqu'ici ne sont pas dus simplement au choix du réactif. Le magnésien est caractérisé par la rapidité de son action. Il en résulte la plupart du temps un dégagement de chaleur très vif et c'est ainsi que les préparations des composés de l'or, du platine et du chrome, malgré une

---

(1) Séance du 8 mai 1922.

réfrigération énergique, ne donnent que de faibles rendements. Dans d'autres cas, très nombreux, il y a décomposition totale de l'organomagnésien sans qu'il apparaisse aucun organométallique nouveau. Témoins les essais de Kondireff et Fomin sur les sels de fer, cuivre, nickel, cobalt, molybdène, qui n'ont donné d'autres résultats que des synthèses de carbures d'hydrogène. L'emploi de l'organomagnésien se trouve ainsi fort limité et l'on est logiquement conduit à chercher un réactif moins violent. Nous l'avons trouvé dans l'organozincique mixte que Blaise a si heureusement utilisé et qu'il a préféré à l'organomagnésien précisément pour ses réactions plus ménagées. L'organozincique présente encore un autre avantage qui, à nos yeux, est de première importance. Tandis que le magnésien n'est compatible qu'avec les milieux éther et carbures d'hydrogène, l'organozincique s'accommode d'autres milieux et, en particulier, de l'acétate d'éthyle qui dissout un assez grand nombre de chlorures métalliques.

Nous avons observé la réaction de l'organozincique sur un grand nombre de chlorures anhydres et nous avons acquis la conviction que les organométalliques existent dans toutes les séries et probablement sans exception. Nos essais ont porté sur les chlorures de fer, nickel, cobalt, chrome, molybdène, tungstène, uranium, vanadium, thorium, sur les chlorures de terres rares et sur le chlorure de cuivre (¹).

Dans la présente Note nous ne traiterons que du fer pour donner la démonstration de notre méthode. Mais auparavant, nous signalerons une réaction intermédiaire intéressante que nous avons rencontrée en étudiant l'action du chlorure cuivreux. Il réagit sur C^2H^5ZnI suivant la formule

$$2\,C^2H^5ZnI + Cu^2Cl^2 = 2\,C^2H^5ZnCl + Cu^2I^2.$$

Cette réaction intermédiaire se fait lentement et elle montre combien l'action de l'organozincique est plus ménagée que celle de l'organomagnésien. De la même manière on peut obtenir des organozinciques bromé et cyané, et c'est un moyen commode de préparer tous ces composés qu'il était impossible d'obtenir directement.

I. *Préparation de l'iodure de fer éthyle* C^2H^5FeI. — Notre point de départ est une solution éthérée d'iodure ferreux FeI^2 préparée directement en agitant un excès de fer réduit en présence d'iode et d'éther anhydre. Il

---

(¹) Nous avons constaté que la même méthode s'applique utilement à la préparation des organométalliques déjà connus. Nous nous proposons de reprendre surtout les préparations pour lesquelles le magnésien donne les plus faibles rendements.

est important de préserver à tout instant la solution du contact de l'air. On la filtre et on la fait passer sous pression de CO^2 dans le ballon où se fera la réaction. On opère sur 100^{cm^3} contenant environ $\frac{1}{10}$ de molécule de FeI^2. On y verse en une seule fois 50^{cm^3} (soit également $\frac{1}{10}$ de molécule) d'une solution éthérée de C^2H^5ZnI. La solution reste limpide; on élève la température jusqu'à l'ébullition de l'éther et on l'y maintient pendant 6 heures.

Si le zincique avait subsisté, en reprenant par l'eau, nous formerions de l'hydroxyde de zinc avec un dégagement correspondant d'éthane. Quand on applique cette épreuve au liquide, on obtient en réalité un précipité vert qui est uniquement composé d'hydrate ferreux. Il n'y a donc plus d'organozincique. Mais on constate en même temps un dégagement abondant d'éthane. Il reste donc bien un organométallique dans la liqueur : il est logique de penser que le fer s'est simplement substitué au zinc.

Si l'on mesure l'éthane dégagé et si l'on dose l'hydrate ferreux précipité, on trouve en effet qu'ils correspondent rigoureusement à la réaction

$$C^2H^5FeI + H^2O = C^2H^6 + Fe\langle{}^{I}_{OH}.$$

L'existence de C^2H^5FeI se trouve donc démontrée. Il s'est fait simplement par la réaction

$$C^2H^5ZnI + FeI^2 = C^2H^5FeI + ZnI^2.$$

Nous avons d'ailleurs examiné ce qui se passe au cours de cette réaction. On voit progressivement par le dosage à l'eau, la quantité de $Zn(OH)^2$ diminuer et celle de $Fe(OH)^2$ s'accroître. La réaction est complète au bout de 6 heures.

La solution de C^2H^5FeI ainsi obtenue possède des réactions analogues à celles de l'organozincique. Elle réagit en particulier sur l'alcool absolu avec dégagement d'éthane et formation d'iodoéthylate ferreux. C'est la première fois que l'on obtient un composé de ce genre. Il est intéressant par son oxydation et nous en reparlerons dans une Note spéciale.

Notons également que l'iodure de fer éthyle est lui-même un réactif modéré, plus modéré sans doute que le zincique, et qui donnera lieu à son tour, dans la série des éléments, à de nouvelles possibilités de réaction.

II. *Action du chlorure ferrique sur l'organozincique.* — En prenant comme point de départ une solution éthérée de $FeCl^3$ on observe d'abord sa réduction instantanée et quantitative à l'état de $FeCl^2$ suivant la formule

$$2FeCl^3 + C^2H^5ZnI = 2FeCl^2 + C^2H^5I + ZnCl^2.$$

La réaction continue ensuite lentement entre $FeCl^2$ et l'organozincique en excès et il se forme du C^2H^5FeCl.

Nous nous préoccupons maintenant d'étendre la même méthode à la série phénylée et aussi d'atteindre les organométalliques complets des types FeR^2 ou $FeRR'$.

Ainsi s'ouvre un nouveau Chapitre de la chimie du fer où l'on pourra observer dans des conditions inusitées le jeu des valences et la formation des complexes. Il en sera bientôt de même pour tous les éléments. C'est, croyons-nous, une acquisition importante pour la systématique.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon pendant l'année de* 1920-1921. Note de M. FLAJOLET, présentée par M. Baillaud.

Les relevés des courbes du déclinomètre enregistreur de l'Observatoire pendant l'année 1920-1921 fournissent la répartition suivante des jours perturbés :

		Avec perturbations de :				
Mois.	Calmes.	1′ à 3′.	3′ à 7′.	7′ à 15′.	15′ à 30′.	> 30′.
Décembre 1920	7	11	11	1	1	
Janvier 1921	7	14	8	0	2	
Février (1)	4	15	6	1		
Mars	6	14	5	6		
Avril	6	9	8	6	1	
Mai	8	11	4	3	3	2
Juin	10	14	4	2		
Juillet	6	15	10			
Août	4	9	15	3		
Septembre	12	7	8	3		
Octobre	3	15	7	6		
Novembre	7	9	8	5	1	
Total	80	143	94	36	8	2

La comparaison avec l'année précédente montre une diminution très sensible des perturbations. En effet, on a enregistré 223 jours calmes ou très faiblement perturbés (213 en 1919-1920) et seulement 130 jours avec des perturbations comprises entre 3′ et 15′ (année précédente 147). Enfin, on n'a observé que 10 jours avec des perturbations fortes.

(1) L'enregistrement a été interrompu pendant 48 heures pour réparations.

AGRONOMIE. — *Sur la nocuité du terreau du fumier.* Note de M. A. Petit, présentée par M. Costantin.

Il a été montré, dans une précédente Note (¹), que le terreau du fumier devient plus fertile lorsqu'on lui fait subir un lavage préalable.

Il est toutefois des végétaux, comme *Primula obconica*, par exemple, qui tirent peu de profit de ce traitement, et il en est de même d'autres, comme la Cinéraire hybride, qui en souffrent, du fait, sans doute, qu'il les prive de matières alimentaires solubles. Voici, en effet, les résultats de la culture de ces deux plantes :

	Poids de 5 plantes
Expérience avec Primula obconica.	
Terreau lavé	117 grammes
Terreau non lavé	116 »
Expérience avec la Cinéraire hybride.	
Terreau lavé	108 »
Terreau non lavé	132 »

Mais il a été observé, avec cette dernière plante, que l'action du terreau dépend beaucoup de son degré de décomposition et qu'il est surtout pernicieux lorsqu'il est de formation récente et renferme encore des débris de paille peu altérés. On sait d'ailleurs que, dans cet état, les ferments dénitrificateurs y sont actifs. Voici les résultats d'une culture de Cinéraire hybride poursuivie comparativement dans du terreau préparé de longue date (celui des expériences précitées) et dans un terreau qui n'avait que six mois d'existence environ :

	Poids de 5 plantes.
Expérience avec la Cinéraire hybride.	
Vieux terreau	132 grammes
Terreau nouveau	81 »

Certaines plantes redoutent beaucoup le terreau de fumier et souffrent nettement de son addition, même à faible dose, à la terre de culture; c'est surtout le cas des Ericacées (Bruyères, Azalées, Rhododendrons, etc.), qui sont essentiellement calcifuges.

Le terreau de fumier renferme ordinairement un peu de carbonate de calcium; les terreaux que j'ai utilisés dans mes essais en contenaient respec-

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1033.

tivement 1,08, 1,15 et 1,21 pour 100. Et comme ce calcaire est très disséminé dans la masse et partant très actif, on est tenté de lui attribuer tout le dommage causé par le terreau aux plantes calcifuges.

En réalité, ce dommage est dû en partie aussi à la présence de substances solubles nuisibles, comme le prouvent à la fois les expériences mentionnées dans la Note précédente et les observations suivantes :

Si, par exemple, on compare l'action du terreau de fumier sur deux plantes qui redoutent un petit excès de calcaire, la Cinéraire hybride et la Calcéolaire hybride, on constate que la première, qui est la plus sensible au calcaire, peut supporter une dose de terreau beaucoup plus élevée et souffre de son lavage, qui est, au contraire, très favorable à la seconde.

La Calcéolaire rugueuse est devenue chlorotique dans du terreau de fumier contenant 1,21 pour 100 de calcaire, tandis qu'elle est restée verte dans un mélange de sol superficiel de forêt riche en humus et de calcaire renfermant 2,56 pour 100 de cette dernière substance.

Outre la Calcéolaire rugueuse, l'Hortensia (*Hydrangea hortensis*) devient également chlorotique, lorsqu'on le cultive dans le terreau de fumier.

Si on lave le terreau, ces deux plantes y poussent beaucoup mieux et leurs feuilles restent vertes, d'un vert pâle toutefois, car le lavage les prive d'aliments azotés assimilables. Mais, dans la suite, ces plantes tendent à devenir chlorotiques, ce qui conduit à supposer que cette affection est provoquée par une substance soluble qui prend naissance dans la décomposition du terreau.

Si, au terreau non lavé, on ajoute du sulfate de fer, à la dose de 2 à 3 pour 1000, les deux plantes en question reverdissent et deviennent plus vertes que celles du terreau lavé. Mais, dans la suite, elles ont également tendance à jaunir, ce qui confirme la conclusion précédente. Une nouvelle application de sulfate de fer permet de prévenir la chlorose.

Cette action favorable est due à l'intervention du fer, car divers autres sulfates expérimentés comparativement, les sulfates de potassium, d'aluminium et de manganèse, se sont montrés inefficaces; le sulfate de manganèse a même nettement accentué l'état chlorotique des plantes.

Si l'on dilue le terreau de fumier avec du sable lavé, en les mélangeant par parties égales par exemple, on ne diminue pas sa nocuité; bien au contraire, dans un tel mélange, la Calcéolaire rugueuse devient très chlorotique et pousse misérablement, malgré la richesse du terreau en substances alimentaires.

Le mélange, par parties égales, avec une terre de bruyère acide, n'a pas non plus prévenu la chlorose.

Au contraire, le mélange, dans les mêmes proportions, du terreau de fumier avec une terre argileuse s'est montré très propre à la culture de la

Calcéolaire rugueuse, qui s'y développe normalement et y reste bien verte.

Il est donc à penser que l'argile, qui possède un pouvoir absorbant élevé, a la faculté de fixer la substance nuisible du terreau et de la rendre ainsi inoffensive pour les plantes.

Accessoirement, ces expériences montrent l'importance que peut avoir parfois la constitution physique des terres que l'on fait intervenir dans la composition des mélanges terreux où doit entrer le terreau de fumier.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la fixation directe des graisses par les glandes sébacées.* Note de M. A. **Policard** et Mlle **Juliana Tritchkovitch**, présentée par M. Roux.

En mélangeant à la nourriture d'un animal du rouge Soudan ou du rouge écarlate, substances exclusivement solubles dans les graisses et parfaitement inoffensives, on peut colorer sur le vivant divers organes adipeux (Daddi), et en particulier les glandes sébacées. Mais la coloration de ces glandes est variable, très nette dans certains cas, nulle dans d'autres. La recherche, chez la souris blanche, des raisons de ces différences, nous a permis de préciser certains points du mécanisme de la fixation des graisses par les sébacées.

Il existe un rapport constant entre la coloration vitale de la glande et le volume des gouttelettes de graisse qu'elle renferme. Ce volume varie suivant l'état d'engraissement de l'animal. Chez les sujets maigres, les sébacées peu développées ont des vésicules adipeuses petites et placées surtout au centre de la glande; pour elles, la coloration est nulle. Chez les sujets gras, les sébacées volumineuses ont des vésicules adipeuses énormes et s'étendant jusqu'à la périphérie, au contact même des capillaires sanguins; la graisse de ces glandes est toujours colorée. Cette coloration est très rapide, se faisant quelquefois en moins de 24 heures; elle n'est accompagnée d'aucun phénomène cytologique apparent.

Nous pensons que ces faits ne peuvent être expliqués que par l'intervention d'un processus de fixation directe de la graisse sanguine, se déroulant de la façon suivante.

La matière colorante est véhiculée dans le sang sous forme dissoute dans les particules adipeuses ou *hémoconies* qui cheminent dans le sang (Gage). Ces particules, arrivant au niveau des glandes sébacées, semblent être fixées directement par ces glandes, sans intervention d'une dislocation préalable qui mettrait la couleur en liberté. Mais cette fixation semble conditionnée par l'existence d'un état spécial des cellules sébacées.

On sait que dans une cellule qui renferme peu de graisse, le protoplasme offre, au point de vue physico-chimique, deux phases : des micelles adipeuses sont dispersées dans un milieu, ou phase externe, constitué par un mélange protéique aqueux. Quand la teneur en graisse dépasse une certaine valeur, il y a rupture de l'équilibre et interversion de ce système colloïdal ; la phase adipeuse devient le milieu de dispersion et le mélange protéique aqueux, la phase interne, ou micelles. Ce sont là des faits bien connus, spécialement dans l'histoire de la dégénérescence graisseuse du protoplasma. Or, il y a lieu de penser qu'au niveau des glandes sébacées un tel phénomène se produit au cours de leur surcharge adipeuse, spécialement au niveau des éléments périphériques.

C'est après cette transformation structurale que les cellules deviennent aptes à se colorer vitalement, c'est-à-dire capables de fixer directement les hémoconies colorées. Tant que la couche périphérique des sébacées n'a pas pris ce type de structure colloïdale, cette fixation directe, donc la coloration, ne paraît pas possible. La fixation directe de la graisse sanguine paraît liée à l'interversion colloïdale.

Ces observations permettent les considérations histophysiologiques suivantes :

Deux mécanismes semblent intervenir dans le fonctionnement des glandes sébacées. Comme l'admet la théorie classique, il semble qu'une partie de la graisse de ces organes est *élaborée* par la cellule au cours de son évolution. A cette *adipogénèse* semblent participer les mitochondries, dans une suite compliquée de transformations. D'autre part, à côté de ce processus complexe d'élaboration adipeuse, intervient un phénomène cytologiquement plus simple de *fixation directe* de la graisse véhiculée par le sang. Cette *adipopexie* ne se produit que lorsque les cellules, extrêmement chargées de graisse, ont acquis une structure colloïdale spéciale, analogue à celle des éléments du tissu adipeux et caractérisée morphologiquement par l'existence de vésicules adipeuses périphériques et volumineuses. Cette adipopexie n'est accompagnée d'aucun phénomène cytologique visible.

L'existence d'une fixation directe permet de comprendre pourquoi, dans certaines conditions, la secrétion sébacée présente les caractères chimiques des graisses de l'alimentation (travaux de Kossmann, de de Jong, de Plato et Röhrmann sur la glande sébacée des Oiseaux, dite *glande du croupion ;* travaux de Buschke et Fränkel sur les glandes de Meibomius). Cette analogie de composition chimique est le témoin de la fixation directe, sans dislocation préalable, des graisses absorbées au niveau de l'intestin.

PHYSIOLOGIE. — *Variation de la pression osmotique du sang des Poissons Téléostéens d'eau douce sous l'influence de l'accroissement de salinité de l'eau ambiante.* Note de MM. **Paul Portier** et **Marcel Duval**, présentée par M. Henneguy.

On sait que, chez les Poissons d'eau douce, le milieu intérieur a une pression osmotique très supérieure à celle de l'eau qui les entoure. C'est ainsi que le sang de la Carpe que nous avons choisie pour nos expériences se congèle à — 0°,49; le point de congélation de l'eau douce étant de — 0°,02.

Pour obtenir la pression osmotique en valeur absolue, il suffit de multiplier l'abaissement du point de congélation par le facteur 124. La pression osmotique de l'eau douce est donc, en valeur absolue, voisine de $2^{m},48$ d'eau distillée, tandis que celle du milieu intérieur du Poisson atteint la valeur de $60^{m},76$.

Il est remarquable que le tissu délicat de la branchie, qui permet les échanges gazeux entre l'eau ambiante et le sang, maintienne constante, pendant toute la vie, cette importante dénivellation de pression osmotique entre le milieu extérieur et le sang du Poisson.

Mais qu'arrivera-t-il si l'on enrichit progressivement en chlorure de sodium l'eau dans laquelle vit le Poisson? Telle est la question que nous avons essayé de résoudre expérimentalement [1].

Des Carpes de poids variant de 400^{g} à 800^{g} sont placées dans un récipient contenant environ 13^{l} de la solution saline dont on veut étudier les effets. Elles y séjournent de 3 à 5 heures. Dès qu'elles sont sorties, on prélève leur sang dont on détermine la pression osmotique en prenant le point de congélation au $\frac{1}{100}$ de degré.

Les résultats obtenus sont réunis dans le Tableau ci-contre et le graphique qui l'accompagne.

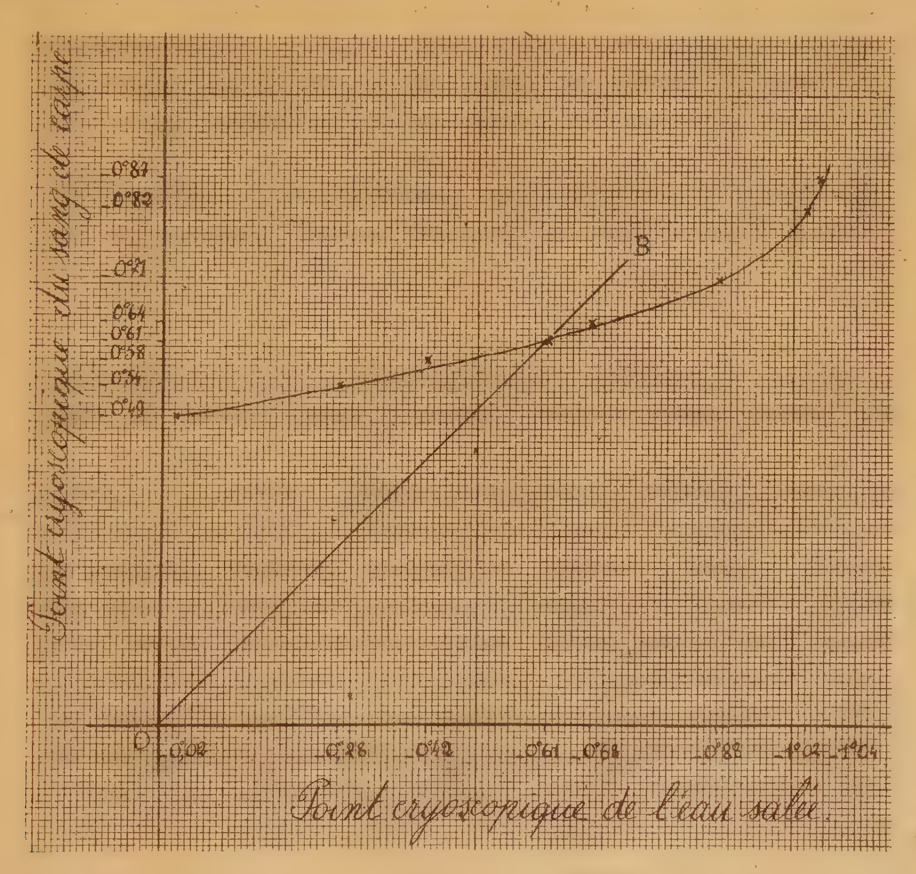
L'examen de ces documents montre que :

1° La pression osmotique du sang de la Carpe augmente à mesure que l'eau environnante s'enrichit en sels; mais elle augmente moins vite que celle du milieu extérieur. Il en résulte que cette pression, très supérieure au début à celle de l'eau, est devenue inférieure pour les fortes concentrations.

(1) Quelques recherches ont été faites déjà dans cette voie par Bottazi, Léon Fredericq et Quinton; mais ces expérimentateurs ne semblent pas avoir étudié la question précise qui nous occupe.

Teneur en sels du milieu extérieur.	Point de congélation du milieu extérieur.	Point de congélation du sang de la Carpe.	Perte de poids pour 100 de la Carpe.
Eau ordinaire..........	$-0^\circ,02$	$-0^\circ,49$	0
3g,5 pour 1000.........	−0,28	−0,54	0,67
8g,0 »	−0,42	−0,58	0,92
10g,0 »	−0,61	−0,61 (1)	1,6
12g,0 »	−0,68	−0,64	2,2
15g,0 »	−0,88	−0,71	4,3
16g,0 »	−1,02	−0,82	3,5 (2)
17g,0 »	−1,04	−0,87	3,6 (2)

Observations. — (1) Point d'équilibre osmotique avec le milieu extérieur; (2) Diminution de la perte de poids.



Le Poisson est incapable de maintenir sa pression osmotique à un niveau constant comme le feraient un Mammifère ou un Oiseau, mais il possède cependant déjà une *tendance à la régulation* très manifeste.

2° Si l'on trace la bissectrice OB de l'angle droit des axes de coordonnées, on voit que c'est le lieu des points d'égale pression osmotique du sang du Poisson et du milieu extérieur.

Or, cette bissectrice coupe la courbe représentative des variations de la pression osmotique du sang en un point qui correspond à la température de — 0°,61. En plaçant une Carpe dans une solution saline de concentration correspondante, nous avons pu vérifier que la pression osmotique de son sang était bien devenue égale à celle du milieu extérieur (à $\frac{1}{100}$ de degré près).

3° Le poids du Poisson diminue à mesure que la teneur en sels du milieu augmente. La diminution de poids va d'abord en s'accentuant régulièrement avec l'accroissement de la salinité.

Mais, à partir d'une teneur en sels de 15 pour 1000, la diminution de poids s'atténue. Il semble que, à partir de ce point, la branchie soit forcée, car le Poisson présente des troubles qui le conduisent rapidement à la mort.

Nous étudions les modifications produites par le séjour du Poisson dans l'eau distillée ou dans l'eau de faible salinité et dépourvue de sels de calcium.

PHYSIOLOGIE. — *Le réflexe linguo-maxillaire* (ultimum reflex). Note de MM. **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, présentée par M. Ch. Richet.

Nous avons appelé réflexe *linguo-maxillaire* un réflexe non encore décrit, que nous avons d'abord observé chez le chien et qui consiste en ceci : quand on pince d'une façon énergique et rapide le bord de la langue, dans la région de la pointe, on obtient un abaissement brusque de la mâchoire inférieure ; le mouvement est généralement très net et très ample ; il s'observe avec une particulière facilité sur le chien morphiné (1^{cg} de chlorhydrate de morphine par kilogramme). Ce réflexe peut être recherché également par des excitations électriques et peut être déclenché par l'application d'un choc électrique unique (onde d'induction portée sur la pointe de la langue).

Bien que le mouvement obtenu ne puisse guère être rapporté à une excitation directe provoquée par la diffusion du courant, la preuve expérimentale du caractère réflexe de ce mouvement méritait d'être donnée.

1° *Preuve indirecte.* — Sur un chien préalablement morphiné, deux

électrodes sont placées sur la pointe de la langue; on excite par des chocs d'induction. Dans ces conditions, pour des intensités convenables, on observe à chaque choc, d'une part, des contractions locales sous l'électrode, contractions des muscles de la pointe de la langue, et, d'autre part, un mouvement d'ensemble de la mâchoire inférieure. On recherche le seuil pour la contraction directe sous l'électrode et pour le mouvement d'ensemble présumé réflexe; si l'on anesthésie alors profondément l'animal, on voit que le seuil de la contraction directe ne présente aucune variation en rapport avec l'anesthésie, tandis que le seuil pour le mouvement de la mâchoire s'élève considérablement, comme le montrent les chiffres ci-dessous.

Chien de 11^{kg}, ayant reçu 11^{cg} de chlorhydrate de morphine. Excitation par la bobine d'induction :

	Seuil des contractions locales. Quantités d'électricité.	Seuil des contractions réflexes. Quantités d'électricité.
Avant anesthésie chloroformique	8	69
Première anesthésie	8,7	354
Après anesthésie	8,7	113
»	10,6	82
Deuxième anesthésie	10,6	465
Après anesthésie	12,05	96,5

2° *Preuve directe.* — Elle est donnée par l'étude des voies nerveuses du réflexe.

La *voie sensitive* est constituée par les nerfs linguaux : la section de ces deux nerfs abolit complètement le réflexe; l'excitation du bout central des linguaux sectionnés provoque le réflexe avec beaucoup de netteté.

Voie motrice. — Le mouvement que l'on observe est essentiellement dû à la contraction des muscles digastriques. La voie motrice est constituée par les filets nerveux qui innervent ces muscles : *a*. Nerf mylohyoïdien, branche du maxillaire inférieur (trijumeau); *b*. Filets du facial. La section du nerf mylohyoïdien et la destruction du facial à sa sortie du crâne suppriment le réflexe.

Ce réflexe présente un intérêt spécial : c'est qu'il disparaît dans l'anesthésie plus tard que les réflexes patellaire, oculo-palpébral et même que le réflexe labio-mentonnier de Dastre. Sa disparition indique donc une intoxication plus profonde par l'anesthésique que celle qui correspond à la disparition des autres réflexes.

PHYSIOLOGIE. — *Compas d'orientation du pied.*
Note de M. **Gabriel Bidou**, présentée par M. Daniel Berthelot.

L'art le plus difficile qui soit, celui qui doit réparer la machine humaine et en récupérer les fonctions, est le seul à ne point avoir ses instruments de mesure spéciaux. Je me suis efforcé de combler cette lacune.

J'ai établi à la base même de ma méthode, dite de *Récupération fonctionnelle*, une série d'instruments de mesure qui permettent d'obtenir d'une façon absolument précise, les données des problèmes de récupération qui nous sont soumis. Cette conception nouvelle donne à cette méthode un intérêt vraiment scientifique.

Le *compas d'orientation du pied* est un de ces appareils.

Étant donné que la première condition pour placer un paraplégique sur ses pieds, ou pour corriger une déformation paralytique du pied ou de la jambe, est d'appuyer l'appareillage prothétique sur une base de sustentation solide, il s'ensuit qu'il devient de la plus haute importance de repérer quelles sont les difformités ou déviations en tous plans de cette base naturelle formée par les deux pieds.

But. — L'appareil que nous présentons a donc pour but de fixer l'orientation du pied dans ses trois plans : frontal, vertical et horizontal, d'en donner par lecture directe sur des rapporteurs ou des règles graduées les angles et les rapports.

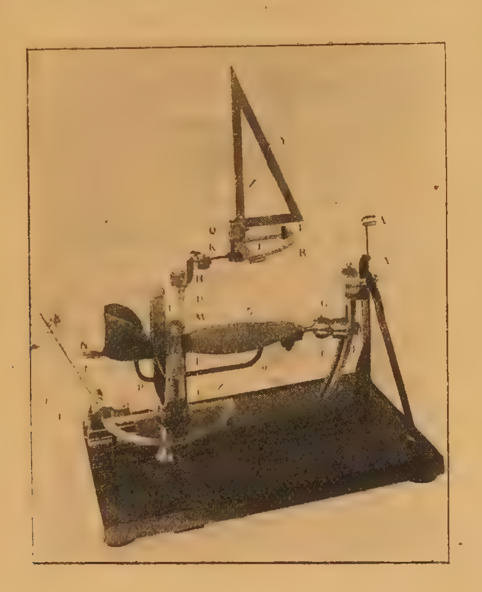
Description. — Il se compose (cf. figure) : d'une semelle S, fixée à sa partie antérieure par une rotule dans une genouillère G. Celle-ci coulisse à volonté dans la saignée d'une pièce C, à courbure selon le rayon d'une circonférence dont le centre serait au milieu de l'axe malléolaire. L'ascension ou la descente de la genouillère dans sa glissière permet toutes attitudes de la semelle dans le plan frontal, soit en talus ou en équin. La semelle S est également oscillante selon le plan vertical, par son support *s*, dans la douille B, ce qui permet les mouvements de rotation du pied en valgus ou en varus. Enfin, la semelle S peut encore osciller selon le plan horizontal, du fait que sa fourchette-support F pivote dans la colonne soutien de l'appareil. Cette fourchette est munie d'une aiguille V, mobile sur un rapporteur Z, qui indique l'angle d'oscillation latérale.

L'aplomb horizontal et vertical de la semelle est assuré par un niveau d'eau à double direction, N.

Enfin, sur le côté gauche de l'appareil déjà décrit se trouve une colonne D, supportant une équerre X, mobile sur un rapporteur R. Sur la branche oblique de l'équerre est articulé un index Y.

Utilisation. — Soit l'utilisation du compas pour la mesure des angles d'un pied bot varus équin, en rotation interne.

Nous disons en rotation interne, car la rotation interne coexiste fatalement avec le varus, sans quoi nous assisterions à une dissociation des malléolles, qui sont, anatomiquement, sur le même axe oblique.



Le pied difforme du malade est posé sur la semelle S dont tous les serrages ont été lâchés. Les différentes pièces mécaniques prendront donc les orientations du pied et quand le contact sera parfait en tous points, l'appareil sera immobilisé par ses écrous de serrage. L'index Y sera abattu de façon à se profiler vers le troisième espace interdigital et son passage devant le secteur gradué R sera noté.

Et nous lirons les indications de la façon suivante :

Équin par le trusquin mobile T.

Varus devant le double niveau N, se trouve (non figuré) un secteur gradué solidaire de ce niveau. Sur la talonnière de la semelle S, est une ligne verticale. L'angle décrit entre cette ligne et le zéro du rapporteur donne l'angle du varus.

Rotation interne. — L'aiguille V fixée sur la fourchette F en se déplaçant sur le secteur Z a donné l'angle d'oscillation latérale du pied.

Attitude du pied par rapport à l'axe de la jambe. — L'index Y nous l'indique. On sait que le pied est orienté à 25° par rapport à l'axe vertical de la jambe, la différence entre l'indication donnée par l'abaissement Y sur le secteur R et l'angle physiologique est la déviation pathologique.

Conclusion. — Ainsi le compas d'orientation du pied mesure :

1° Les attitudes du pied par rapport à la jambe;

2° Les variations d'angles en trois plans : horizontal, vertical et frontal. Ce qui permettra de rétablir pour le malade une base de sustentation physiologique, par la correction appropriée des difformités établies scientifiquement.

C'est la première condition indispensable à la récupération de tout impotent des membres inférieurs.

Cet appareil n'est qu'un exemple particulier. Mais les mêmes principes m'ont permis d'établir d'autres appareils de mesure, tels qu'un musculomètre artificiel, un trusquin de repérage d'axes et de longueurs de leviers, et d'autres instruments d'enregistrement des réflexes de la contraction musculaire, etc.

Ils guident ainsi, par leurs indications et leur contrôle, la méthode de récupération fonctionnelle dans une voie absolument scientifique.

ENTOMOLOGIE. — *Relations entre le sang et la coloration du cocon chez le* Bombyx mori. Note de MM. **Clément Vaney** et **Jean Pelosse**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans le but d'élucider le problème de l'origine de la coloration des cocons du *Bombyx mori*, nous avons examiné comparativement le sang d'un certain nombre de races de vers à soie.

Nous nous sommes adressés à des races dites à « cocons blancs » (race Bagdad blanc et race japonaise Akasiku) et à des races à cocons colorés dont les unes avaient des cocons verdâtres (race japonaise J_{20} de Saku-Uchi) et dont les autres donnaient des cocons jaunâtres (race Var rayé) ou jaune vif (race Chine dorée).

Déjà L. Blanc (1886), R. Dubois (1890), A. Conte et D. Levrat (1904) avaient successivement observé que, dans les races de *Bombyx mori* à cocons jaunes, le sang du ver présentait la même coloration que le cocon. La matière colorante était pour R. Dubois une sorte de carotine d'origine animale, tandis que, pour Conte et Levrat, ce pigment coloré serait de la xanthophylle provenant des feuilles de mûrier.

Cette coloration n'est pas spéciale au sang des vers à cocons jaunes. Le sang des vers de toutes les races de *Bombyx mori*, que nous avons examinées, est plus ou moins coloré en jaune ou jaune verdâtre. Le sang des vers des

races à cocons blancs est beaucoup moins teinté que celui des vers à cocons colorés. La matière colorante dans tous les cas est soluble dans l'alcool à 90°. Cette solution alcoolique et le sang examinés comparativement au spectroscope présentent sensiblement les mêmes caractères pour toutes les races, avec une bande d'absorption assez étendue dans la portion la plus réfrangible du spectre, du violet au bleu. Cette bande d'absorption est un peu moins étendue pour le sang des vers à cocons blancs que pour celui des races à cocons colorés.

Quant aux cocons de toutes les races examinées, ils sont tous plus ou moins colorés, même ceux de la race Bagdad blanc sont très légèrement teintés en vert jaunâtre. Pigorini (1920) et Magliardi (1921) avaient déjà fait cette remarque. La matière colorante des cocons de ver à soie est soluble dans l'alcool à 90°; pour les cocons blanchâtres la solution s'obtient plus facilement en ajoutant de faibles quantités de carbonate de sodium. Les solutions alcooliques sont jaune vif avec les races à cocons colorés; avec les cocons blanchâtres, la solution est faiblement teintée en vert jaunâtre, virant au jaune après l'addition de Na^2CO^3. Ces dissolutions alcooliques de la matière colorante des cocons des différentes races de *Bombyx mori* se comportent vis-à-vis du spectre de la même façon que les solutions alcooliques du pigment coloré du sang du ver.

De cette étude comparative il résulte que la matière colorante de la soie du *Bombyx mori* paraît dériver du sang. Le transport possible du colorant du sang sur la bave a été prouvé expérimentalement par la coloration artificielle des cocons, en faisant absorber aux vers à soie des feuilles de mûrier recouvertes de certaines matières colorantes soit d'origine végétale : indigo, garance [Bonafous (1841)], soit dérivées de l'aniline : rouge neutre [Conte et Levrat (1904), Quajat (1904)], Soudan III et bleu de méthylène [Quajat (1904)]. Nous avons obtenu des cocons violacés ou rougeâtres en faisant absorber à des vers du cinquième âge de l'orcéine ou du rouge neutre. Cette teinte artificielle se superpose à la couleur naturelle du cocon. Les vers à cocon blanc homogène, par exemple ceux de Bagdad blanc, après l'absorption d'orcéine, fournissent un cocon uniformément violacé. Pour la race japonaise J_{20}, dont les cocons verdâtres sont beaucoup plus clairs à l'intérieur, les vers ayant ingéré de l'orcéine fournissent un cocon à enveloppes ou vestes externes jaune grisâtre et à vestes internes violacées. Cette coloration artificielle se produit avec toutes les races examinées ; il n'existe pas pour elles de différences de perméabilité intestinale pour les

colorants comme le présumaient Levrat et Conte. La plupart des colorants ingérés sont assez toxiques pour le *Bombyx mori* et occasionnent une grande mortalité chez les vers.

Parmi les vers qui ont absorbé soit de l'hématéine, soit de l'orcéine ou du bleu de méthylène, près de la moitié meurent alors que les autres continuent à évoluer normalement. Le rouge neutre paraît n'avoir aucune action nocive; les vers à soie de toutes les races expérimentées l'absorbent en très grande quantité sans subir le moindre trouble. Ils prennent alors une teinte générale rouge légèrement violacé; tous les organes internes sont imprégnés du colorant, sauf le système nerveux, les trachées et la couche de chitine externe. Cette coloration se maintient pendant toute la métamorphose et se retrouve chez le papillon, dont la base des nervures des ailes et les diverses articulations du corps apparaissent fortement teintées. La dissection montre que les organes internes sont aussi colorés. Les œufs pondus par les femelles colorées ont un contenu rosé; s'ils sont fécondés, ils se développent normalement; la matière colorante se localise d'abord dans le blastoderme, puis, chez le jeune ver fraîchement éclos, elle se retrouve dans les cellules adipeuses avoisinant la double chaîne nerveuse ventrale. Le rouge neutre a donc été transmis du ver à sa descendance, mais la teinte du colorant paraît s'être atténuée.

Si les vers de toutes les races examinées de *Bombyx mori* semblent avoir la même perméabilité intestinale vis-à-vis de certaines matières colorantes soit naturelles, soit artificielles, leur sang présente des différences bien marquées au point de vue de son brunissement à l'air. Le sang des vers à cocons blanchâtres noircit très rapidement à l'air, tandis que celui des vers à cocons colorés ne subit dans le même temps qu'un faible brunissement superficiel. Ce brunissement est dû à l'action d'une diastase oxydante, la tyrosinase, sécrétée par les éléments du sang. Le sang des vers à soie à cocons blanchâtres contient beaucoup plus de tyrosinase que celui des vers à cocons colorés. C'est là une différence des plus intéressantes permettant d'expliquer les variations de coloration des cocons observées chez les vers à soie et qui servent souvent à caractériser les diverses races de *Bombyx mori*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Constitution de l'œuf de Truite* (Trutta fario). Note de M. E. **Fauré-Fremiet** et de M[lle] **H. Garrault**, présentée par M. Henneguy.

L'oocyte de Truite examiné pendant la période de croissance montre dans son cytoplasma, indépendamment des granulations mitochondriales extrêmement fines, deux sortes d'éléments figurés : ce sont des gouttelettes d'huile et des gouttelettes vitellines. M. Henneguy a montré que, au moment où l'oocyte mûr tombe dans la cavité générale, sa structure se modifie profondément; les gouttelettes vitellines confluent et forment une masse homogène, visqueuse, insoluble dans l'eau, tandis que le cytoplasma, englobant les gouttelettes huileuses, forme une couche périphérique, située immédiatement au-dessous de la membrane ou *zona radiata*.

La composition chimique globale de l'œuf des Salmonides a été étudiée par quelques auteurs tels que Tangl et Farkas (Truite), Greene (Saumon), etc. Mais bien avant, Valencienne et Fremy avaient isolé de l'œuf de Saumon la substance vitelline visqueuse, qu'ils avaient précipitée au contact de l'eau, lavée à l'alcool et à l'éther, et décrite sous le nom d'*Ichtuline*, après avoir montré qu'elle renferme de l'azote, du phosphore et du soufre.

Nous avons repris l'étude des constituants de l'œuf de Truite mûr et nous résumons ici les résultats obtenus à partir de 600^g d'œufs prélevés au moment de la ponte.

Composition centésimale. — Nous avons obtenu les chiffres moyens suivants :

Eau	58,5
Substances protéiques (N total × 6,25)	29,81
Corps gras (acides gras × 1,046)	9,16
Hydrates de carbone	0,34
Cendres	1,25
Total	99,06

Vitelline (ichtuline). — Nous avons séparé la vitelline en broyant des œufs frais avec quelques cristaux de NaCl, en filtrant sur toile, dans un entonnoir de Büchner, la bouillie obtenue et en lavant le résidu avec un peu d'eau salée à 8 pour 100 [1]. On recueille ainsi un liquide filant, visqueux,

[1] Cette méthode est analogue à celle employée par Levene pour la séparation de l'ichtuline du Cabillaud.

jaune pâle contenant de nombreuses gouttes d'huile, tandis que le résidu demeuré sur le filtre est formé par les membranes auxquelles la couche protoplasmique demeure généralement accolée; la séparation de la vitelline n'est pas quantitative, mais il est préférable de ne pas chercher à épuiser les résidus ovulaires, pour éviter l'entraînement des débris protoplasmiques.

Après lavage à l'éther dans une ampoule à décantation, la vitelline peut être directement précipitée par l'alcool, ce qui donne un produit brut insoluble, ou par dilution dans 30 à 50 volumes d'eau distillée. Ce dernier procédé ne peut être considéré comme quantitatif, mais il permet de redissoudre dans l'eau salée le précipité obtenu et recueilli par centrifugation, et de purifier la vitelline par plusieurs précipitations successives; la vitelline est ensuite traitée par l'alcool, par l'éther et séchée; elle se présente alors sous l'aspect d'une poudre blanche dans laquelle nous avons trouvé pour 100 parties :

Azote	14,28
Phosphore	0,57 [1]
Cendres	2,17

Nous avons pu séparer de 132g d'œufs, 32g,8 de vitelline sèche, soit 24g,8 pour 100.

La vitelline de Truite fraîchement précipitée est soluble en milieu alcalin et précipitable par neutralisation ou acidification légère; elle est coagulable par la chaleur; elle ne nous a donné par hydrolyse acide aucun produit réducteur soluble.

La vitelline ou ichtuline forme dans l'œuf mûr une masse hydratée, visqueuse, sorte de solution aqueuse très concentrée puisqu'elle renfermerait au minimum 43 parties de substance sèche pour 100 parties d'eau. Or cette solution ne peut être diluée que par des solutions de NaCl à la concentration minima de 8 pour 100, concentration qui n'est certainement pas réalisée dans l'œuf. Nous avons constaté, d'autre part, que la vitelline est plus soluble en présence de chlorures de métaux bivalents et particulièrement de $CaCl^2$ qu'en présence de KCl ou NaCl. C'est ainsi qu'une solution à

[1] Fremy et Valencienne avaient trouvé 0,6 pour 100 de phosphore, mais leur chiffre d'azote, 15,2 pour 100, est supérieur au nôtre (14,28), lequel est analogue à celui trouvé par Levenne pour l'ichtuline du Cabillaud (14,03); il faudrait donc multiplier par un coefficient très voisin de 7 le chiffre d'azote total de l'œuf pour avoir celui des substances protéiques qui serait un peu supérieur de ce fait au chiffre indiqué cidessus.

3 pour 100 reste stable en présence de NaCl $\frac{N}{5}$ (1,16 pour 100) ou de CaCl $\frac{N}{100}$ (0,11 pour 100); or nous avons trouvé dans l'œuf total 0,27 de calcium pour 100 parties de substances sèches; et nous avons retrouvé une bonne part de ce métal dans les cendres de la vitelline brute directement précipitée par l'alcool (0,137 pour 100 de substances sèches). La vitelline précipitée plusieurs fois par dilution n'en contient au contraire que des traces.

Corps gras (1). — Le fractionnement de l'extrait éthéré total de l'œuf de Truite nous a donné les résultats suivants :

Glycérides (environ)........	10	pour 100	du poids sec total
Phosphatides (minimum)....	8,2	pour 100	» »
Cholestérine................	1,37	pour 100	» »

Les phosphatides nous ont donné, après lavage, 4,04 pour 100 de phosphore; l'indice d'iode de leurs acides gras, assez élevé par rapport à leur poids moléculaire moyen, indique la présence de composés moins saturés que l'acide oléique. Au point de vue cytologique, on peut considérer les phosphatides comme étroitement unis aux éléments du cytoplasma tels que les mitochondries.

Les glycérides peuvent être séparés et purifiés en raison de leur faible solubilité dans l'alcool; ils forment une huile blonde assez fluide dans laquelle nous avons caractérisé la glycérine et les acides oléique et myristique. La détermination de l'indice d'iode indique la présence *d'environ* (2) deux molécules d'acide oléique pour une molécule d'acide myristique.

Le ou les glycérides oléo-myristiques correspondent, au point de vue cytologique, aux gouttes huileuses intracytoplasmiques, dont M. Henneguy a constaté la faible solubilité dans l'alcool et la résistance aux bases diluées.

Hydrates de carbone. — Nous n'avons pas pu déceler la présence de glycogène dans l'œuf de Truite, mais nous avons trouvé une faible quantité (0,34 pour 100) de sucre réducteur, que nous avons dosé en glucose. Greene a signalé dans l'œuf du Saumon 0,18 pour 100 de glucose seulement.

Composés minéraux. — Nous avons dit que les cendres de l'œuf de Truite renferment une quantité appréciable de calcium. D'autre part, l'œuf total sec contient 1,27 pour 100 de phosphore. Le phosphore de l'ichtuline ne peut guère dépasser la quantité totale de 0,44 pour 100 et celui des phosphatides peut atteindre celle de 0,33 pour 100; il reste donc environ 0,5 pour 100 de phosphore combiné sous une troisième forme.

---

(1) Une étude plus détaillée paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

(2) La présence de traces d'acides moins saturés que l'acide oléique provenant des phosphatides rend difficile une détermination plus exacte.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'attaque des minerais par les bactéries. Oxydation de la blende.* Note de MM. **André Helbronner** et **W. Rudolfs**, présentée par M. A. Haller.

Certains auteurs, tels que Kappen et Quensell, Van Bemmelen et Mac Intire assignèrent à l'oxydation du soufre dans le sol un processus d'ordre chimique; mais Boulanger, Demolon, Lippmann et ses élèves démontrèrent d'une façon péremptoire que cette oxydation est due aux bactéries du sol. Winogradsky, d'ailleurs, avait signalé dès 1883 un groupe de bactéries réduisant l'hydrogène sulfuré en soufre libre et capables aussi d'oxyder le soufre en acide sulfurique.

Lippmann, d'autre part, décrivit récemment un procédé déjà entré dans le domaine de la pratique, qui consiste à mélanger du phosphate de chaux tricalcique avec du soufre et à inoculer le mélange avec des bactéries oxydantes; le phosphate, par action de l'acide sulfurique formé, se trouve transformé ainsi en phosphate soluble.

Nous avons utilisé dans nos essais des cultures contenant un groupe varié de bactéries oxydant le soufre et réussi à obtenir finalement une culture capable d'attaquer lentement le sulfure de zinc précipité; au moyen de cette culture sélectionnée nous avons ensuite ensemencé un mélange de terre stérilisée et de blende pulvérisée; la culture ainsi obtenue a servi aux différents ensemencements.

La blende employée contenait 46 pour 100 de zinc; l'on maintint une température de 28° durant le cours des opérations et, dans le mélange, un état d'humidité correspondant à 60 pour 100 environ de sa capacité d'absorption pour l'eau. Une agitation assez fréquente fut effectuée pour permettre une aération convenable.

Le Tableau ci-dessous résume les essais effectués sur cinq échantillons différents :

	Mélanges.				Zinc solubilisé après 18 semaines sur 10g du mélange.		
	Terre.	Minerai.	Soufre.	Inoculation par :	SO^4.	Zinc.	Zinc solubilisé.
	g	g	g		mg	mg	%
1	250	75	»	aucune	50,6	18	1,67
2	250	75	»	terre	142,2	88	8,32
3	250	75	10	soufre	377,8	190	19,17
4	245	75	10	blende	364,2	192	17,57
5	240	75	25	terre	518,1	369	37,56

Le soufre, comme on le voit, favorise grandement l'oxydation de la blende.

Cette première étude conduisit à étudier la sulfatation bactérienne d'autres minerais de zinc, tels que la willemite $ZnSiO^4$, la smithsonite $ZnCO^3$, et un silicate de zinc à faible teneur en zinc. Le résultat de quelques-uns de ces essais est résumé dans le Tableau suivant :

Inoculation de 250g de terre et 75g de minerai par :	Pour 100 de zinc solubilisé après 18 semaines. Willemite.	Smithsonite.	Silicate à basse teneur.
Non inoculé	0,41	1,02	2,1
5g de terre inoculée	0,23	1,14	2,06
10g de soufre inoculé	15,53	16,03	74,91
5g de blende et 10g de soufre	6,81	19,73	47,27
10g de terre inoculée et 25g de soufre	9,99	22,67	68,44

L'acide sulfurique obtenu par l'oxydation du soufre transforme donc ces différents minerais en sulfate de zinc.

Au point de vue pratique le traitement de la blende semble plus rationnel que celui des autres minerais, surtout en faisant usage d'une bactérie oxydante ne réclamant que peu de soufre libre et même pas du tout; il existe d'ailleurs des quantités considérables de minerais sulfurés à basse teneur, inutilisables jusqu'ici, et qui semblent pouvoir être justiciables de la méthode bactérienne.

La blende, d'autre part, renferme généralement une quantité plus ou moins grande de plomb jusqu'à former, dans certains cas, des minerais contenant parties égales de zinc et de plomb; nous avons donc cru utile de faire porter également nos essais dans cette direction.

50 parties de terre inoculée, 50 parties de blende et 50 parties de galène ont été mélangées : après 12 semaines 24,5 pour 100 de zinc était solubilisé dans les cultures contenant du soufre libre et 10,1 pour 100 dans celles n'en contenant pas; d'autre part, on ne put déceler aucune solubilisation du plomb. Après 30 semaines 72,4 pour 100 de zinc était solubilisé dans les cultures sans soufre sans qu'il y ait encore solubilisation du plomb.

En résumé : 1° certaines bactéries convertissent la blende en sulfate de zinc; 2° le zinc solubilisé n'empêche pas l'action ultérieure des bactéries; 3° la présence du soufre favorise l'oxydation; 4° les bactéries de Lippmann

produisent suffisamment d'acide sulfurique pour solubiliser les silicates et le carbonate naturels de zinc; 5° dans les minerais de zinc et de plomb, le zinc est solubilisé à l'exclusion du plomb, d'où une méthode de séparation des deux métaux.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action préventive, dans la syphilis, du dérivé acétylé de l'acide oxyaminophénylarsinique (sel de soude).* Note de MM. **L. Fournier, C. Levaditi, A. Navarro-Martin** et **A. Schwartz**, présentée par M. Roux.

Levaditi et Navarro [1] ont montré précédemment (27 mars 1922) que le dérivé acétylé de l'acide oxyaminophénylarsinique (sel de soude, ou 190), administré par la voie buccale, exerce une action curative dans la syphilis humaine et expérimentale. De plus, les auteurs annonçaient des expériences en cours, concernant l'action préventive de ce médicament dans la même maladie. Ils relataient, en collaboration avec M. Marie, une observation démontrant que cette action préventive *per os* se manifestait chez l'homme soumis à une infection tréponémique massive.

Nous apportons aujourd'hui les résultats de nos expériences de prophylaxie, poursuivies de concert à l'Institut Pasteur et à l'hôpital Cochin.

Dispositif expérimental. — Des lapins étaient infectés par scarification du prépuce avec notre virus neurotrope, ou par scarification et insertions scrotales avec le tréponème dermotrope (*Souches Truffi* et *Fournier-Schwartz*). A des intervalles plus ou moins rapprochés, on administrait à ces animaux, à jeun depuis 24 heures, par la voie gastrique, des doses variables de 190. D'autres lapins, non traités, servaient de témoins. En outre, on accouplait pendant 3 à 4 jours des lapins mâles infectés (virus Pg) avec des femelles neuves; les femelles soumises à la contagion par simple contact sexuel recevaient, le lendemain de l'accouplement, le 190 par la voie stomacale.

Résultats. — *Expérience faite à l'Institut Pasteur : I. Procédé de la scarification ou de l'insertion scrotale.* — Trois séries avec le virus Pg, deux séries avec le virus Truffi.

1° *Virus Pg.* — Dans la *première série*, deux animaux ont reçu, l'un $0^g,70$ de 190 par kilogramme, 2 *heures* après l'infection; l'autre $1^g,4$ par kilogramme, en deux fois, 2 *et* 24 *heures* après la scarification. Le témoin montre des tréponèmes le

(1) Levaditi et Navarro-Martin, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 893.

24ᵉ jour, les deux animaux traités préventivement restent indemnes (60 jours d'observation).

Dans la *seconde série*, un lapin reçoit 0g,16 par kilogramme après 6 *heures*, deux autres 0g,33 par kilogramme après le même laps de temps. Le témoin s'infecte le 28ᵉ jour, les trois lapins traités ne contractent pas la maladie.

Dans la *troisième série*, deux lapins reçoivent 0g,25 par kilogramme après 5 *heures*, trois autres la même dose après 23 heures. Le témoin montre des spirochètes le 22ᵉ jour, les animaux traités préventivement restent indemnes.

2° *Virus Truffi*. — Dans la *première série*, deux animaux reçoivent 0g,18 et 0g,23 par kilogramme après 2 heures; deux autres 0g,21 et 0g,22 après 19 heures. Aucun ne montre de lésions spirochétiennes (43 jours d'observation).

Dans la *seconde série*, qui comporte trois lapins, la quantité donnée fut de 0g,1 par kilogramme après 24 heures : même résultat.

II. *Procédé de l'accouplement*. — Quatre femelles ont été accouplées avec des mâles porteurs de belles lésions spirochétiennes, puis traitées préventivement avec 0g,5, 1g et 2g de 190 *per os*. Aucune d'elles n'a contracté l'infection (35, 46 et 64 jours d'observation).

Expériences faites à l'hôpital Cochin. — Huit lapins ont été infectés par scarification au scrotum, avec le virus Fournier-Schwartz; deux d'entre eux ont reçu *per os*, 48 heures après la scarification, 0g,35 par kilogramme; deux autres la même dose 7 jours après. Les animaux traités sont restés indemnes, tandis que trois témoins ont montré, 4 et 6 semaines après, des lésions scrotales riches en tréponèmes.

Observation humaine (en collaboration avec M. Marie). — Un sujet, âgé de 32 ans, n'ayant jamais eu la syphilis et dont la réaction de Bordet-Wassermann est négative, s'offre bénévolement à être inoculé par scarifications aux deux bras avec du virus syphilitique (une scarification analogue est pratiquée au même moment, aux arcades sourcillières d'un *Macaccus cynomolgus* n° 11). *Cinq heures* après, on lui administre par la bouche 2g de 190 (aucun trouble).

RÉSULTAT. — *Le Macaccus cynomolgus montre une lésion spirochétienne le onzième jour : le sujet traité préventivement est indemne de toutes lésions, après* 68 *jours d'observation. Son Bordet-Wassermann est encore négatif le cinquante-unième jour.*

Observations Fournier-Schwartz : Mᵐᵉ *C...*, dont le mari présente un chancre syphilitique du prépuce, âgé de 3 semaines (nombreux tréponèmes), a eu avec lui des rapports sexuels. A l'examen clinique, aucune lésion suspecte chez elle (Bordet-Wassermann négatif). On lui administre en deux séries de trois jours, 7g de 190, à raison de 1g à 1g,50 par jour. Aucun accident par la suite. Bordet-Wassermann négatif.

Mᵐᵉ *D...*, chancre syphilitique du prépuce chez le mari, avec lequel elle a eu

plusieurs rapports sexuels. Aucune lésion à l'examen, Bordet-Wassermann négatif. On lui administre 6^g de 190 en 5 jours. Aucun accident par la suite. Bordet-Wassermann reste négatif.

Conclusions. — *Les expériences sur les animaux, au nombre de* 21, *montrent que le* 190, *administré « per os »,* 2 *heures,* 5 *heures,* 6 *heures,* 12 *heures,* 24 *heures,* 2 *jours et même* 7 *jours après l'infection spirochétienne, agit préventivement* (dose *minima* essayée : $0^g,1$ par kilogramme).

Son efficacité prophylactique apparaît également chez le lapin soumis à la contamination par simple contact sexuel.

Les essais sur l'homme confirment ces données expérimentales. Ils prouvent que, à la dose de 2^g, *administrée* 5 HEURES *après une infection massive, le* 190, *pris par la bouche, met à l'abri de la contamination.* Dans les deux cas de contagion par contacts sexuels répétés, une cure de 6^g à 7^g, pendant 5 et 6 jours, a prévenu la maladie qui, sans ce traitement, se serait très vraisemblablement déclarée.

Les doses que nous avons employées chez l'homme dépassent certainement celles qui suffiront pour écarter l'infection dans les conditions où elle s'opère habituellement, c'est-à-dire par les quelques tréponèmes qui, à la faveur d'une écorchure, pénètrent dans l'organisme. Or, même aux doses relativement élevées que nous avons administrées à des syphilitiques (10^g à 12^g, à raison de 1^g par jour en moyenne), le médicament a été bien supporté. Les seuls accidents, rarement observés, ont été une élévation thermique passagère et de légers érythèmes.

Quelques faits d'arsénorésistance dans le traitement de la syphilis par le 190, comme d'ailleurs par les autres arsenicaux, commandent une certaine réserve au sujet de la constance du pouvoir prophylactique et abortif de ce composé. Néanmoins, les résultats expérimentaux et les faits cliniques suffisent, nous semble-t-il, à faire conseiller son emploi, à la fois facile et inoffensif, dans tous les cas où la contagion paraît probable. La pratique permettra d'établir avec précision les doses à utiliser, suivant les cas.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *C. Jordan* :

En première ligne	M. HENRI LEBESGUE
En deuxième ligne ex æquo et par ordre alphabétique.	MM. ÉLIE CARTAN, JULES DRACH
En troisième ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. CLAUDE GUICHARD, ERNEST VESSIOT

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 1er mai 1922.)

Note de M. *Jules Andrade*, Les problèmes mécaniques des ressorts réglants :

Page 1145, le paragraphe XII est vicié par une faute de calcul; la Note de Mécanique de ce jour, du même auteur, corrige ladite faute par l'équation (3).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1922 (*suite et fin*).

La glande génitale mâle et les glandes endocrines, par Edouard Retterer et Serge Voronoff. Paris, Doin, 1921; 1 vol. 20cm.

The etiology and pathology of typhus, by S. Burt Wolbach, John L. Todd and Francis W. Palfrey. Cambridge, Mass., Harvard University press, 1922; 1 vol. 26cm.

L'Astronomie en Alsace et particulièrement à Strasbourg, par G. Bigourdan. Extrait des *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes en* 1920, Sciences; 1 fasc. 24cm.

Sur l'approximation des fonctions de grands nombres, par Maurice Hamy. Extrait des *Mémoires de l'Académie des Sciences*. Tome 57, 1922; 1 fasc. 28cm.

Observatoire Jarry-Desloges. *Observations des surfaces planétaires*. Extrait du fascicule VI : *Sur les frontières de la vision*. Abbeville, F. Paillart, 1922; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

Institut international d'Agriculture. VIIe assemblée générale. *Ramassage et utilisation des déchets et résidus pour l'alimentation de l'homme et des animaux, pour les engrais et les industries agricoles* (1914-1920), par Arturo Bruttini. Rome, Imprimerie de l'Institut international d'Agriculture.

Cours de Physique générale, par H. Ollivier. Tome second : *Thermodynamique et étude de l'énergie rayonnante*, par J. Hermann, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. J. Violle.)

Teoria cosmologica cicloidal, par Scipion E. Llona. Tomo primero. 1a Parte : *Movimientos cicloidales Algunas de las pruebas astronómicas*. Lima-Peru, Berrio, 1918; 1 vol. 24cm.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome VII, facicule 3 : *Cypéracées*, par E.-G. Camus; *Graminées*, par E.-G. Camus et Mlle Camus. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 vol. 24cm.

Sur les systèmes géodésiques équilatères à la surface du sphéroïde terrestre, par E. Fichot. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1921. Paris, Imprimerie nationale, 1921; 1 fasc. 24cm.

Notes ptéridologiques, par le Prince Bonaparte. Fascicule 12. Copenhague, imprimé par l'auteur, 1920; 1 fasc. 28cm.

Ministère de l'Agriculture. Direction générale des Eaux et Forêts. Service des grandes forces hydrauliques (région du Sud-Ouest). *Résultats obtenus pour le bassin du Salat*. Tomes II *bis* et VII.